



**TUGAS AKHIR – 141581**

**KELAYAKAN TEKNOLOGI DESALINASI  
SEBAGAI ALTERNATIF PENYEDIAAN AIR  
MINUM KOTA SURABAYA  
(STUDI KASUS: 50 LITER PER DETIK)**

**NURUL LATIFA HANNA  
3312100011**

**DOSEN PEMBIMBING :  
Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc., Ph.D.**

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016**



**FINAL PROJECT – 141581**

**FEASIBILITY OF SEAWATER DESALINATION  
TECHNOLOGY AS DRINKING WATER SUPPLY  
IN SURABAYA CITY  
(CASE STUDY: 50 LITERS PER SECOND)**

**NURUL LATIFA HANNA  
3312100011**

**SUPERVISOR :  
Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc., Ph.D.**

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Institute of Technology Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016**

## LEMBAR PENGESAHAN

### KELAYAKAN TEKNOLOGI DESALINASI SEBAGAI ALTERNATIF PENYEDIAAN AIR MINUM KOTA SURABAYA STUDI KASUS: 50 LITER PER DETIK

#### TUGAS AKHIR

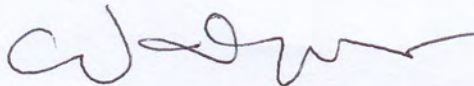
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**NURUL LATIFA HANNA**

NRP : 3312 100 011

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



**Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc., Ph.D.**

195001141979031001



**Kelayakan Teknologi Desalinasi Sebagai Alternatif  
Penyediaan Air Minum Kota Surabaya  
Studi Kasus: 50 Liter per Detik**

Nama Mahasiswa : Nurul Latifa Hanna  
NRP : 3312100011  
Jurusan : Teknik Lingkungan FTSP ITS  
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc.,  
Ph.D.

**ABSTRAK**

Kota Surabaya menjadi kota yang paling diincar para pengembang untuk mendirikan apartemen pada saat ini. Bahkan, pada tahun 2014 jumlah apartemen mengalami kenaikan sebesar 10,8%. Sehingga, tidak heran apabila jumlah kebutuhan air di Surabaya meningkat. Namun saat ini, PDAM masih kesulitan mencari air baku. Selain kurangnya debit untuk air baku, kualitas air baku di Surabaya yang minim membuat biaya produksi semakin meningkat. Di sisi lain, masih terdapat air laut sebagai sumber air baku yang secara kuantitas tidak terbatas namun memiliki kadar garam yang sangat tinggi. Oleh karena itu diperlukan pengkajian mengenai teknologi desalinasi yang tepat guna dan layak secara finansial.

Perencanaan ini mengkaji 3 alternatif teknologi pengolahan yang umum digunakan secara studi literatur, yaitu: teknologi distilasi dengan *Multi Stage Flash Distillation* (MSF), teknologi membran dengan *Reverse Osmosis* (RO) dan teknologi pertukaran ion dengan (*Electrodeionization*). Pengkajian berkesinambungan dengan hasil uji analisa laboratorium mengenai kualitas air baku. Kemudian direncanakan perhitungan teknis dan analisa finansial untuk debit 50 L per detik pada alternatif yang terpilih. Sehingga menghasilkan nilai layak atau tidaknya proyek untuk dijalankan.

Unit pengolahan yang terpilih pada laporan ini adalah *Reverse Osmosis*. Keunggulan teknologi ini adalah kecepatannya dalam memproduksi air serta adanya peluang pemanfaatan limbah (*reject water*) yang dapat meringankan biaya investasi yang sangat tinggi. Unit pengolahan terdiri dari *vertical beach-well intake*, koagulasi-flokulasi, sedimentasi, *pressure sand filter*,

karbon aktif, RO dan terakhir klorinasi. Pengolahan ini tidak menggunakan bahan kimia, sehingga *reject water* dapat dimanfaatkan menjadi garam murni dan nigari yang aman untuk dikonsumsi. Hasil analisa finansial dari sistem pengolahan ini dapat dikatakan layak karena memiliki nilai NPV bernilai positif sebesar Rp11.953.760.829 dengan IRR sebesar 28,81% yang lebih besar dari MARR Bank BNI yaitu 12,5% dengan periode pengembalian setelah 6 tahun proyek berjalan berdasarkan metode *payback period*.

**Kata kunci : analisa kelayakan, desalinasi, Pantai Kenjeran, penyediaan air minum, Reverse Osmosis**

**Feasibility of Seawater Desalination Technology  
as Drinking Water Supply in Surabaya City  
Case Study : 50 Litres per Second**

Name of Student : Nurul Latifa Hanna  
NRP : 3312100011  
Study Programme : Teknik Lingkungan FTSP ITS  
Supervisor : Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc.,  
Ph.D.

**ABSTRACT**

Nowadays, Surabaya become the most targeted city by developers to build apartment. In 2014, the number of apartment that built in Surabaya increased about 10,8%. So it isn't a surprise that water needs in Surabaya is increasing. But at this time, water enterprise (PDAM) still have difficulties to find raw water. In addition to the lack of raw water debit, low quality of raw water in Surabaya makes production costs increasing. On the other hand, Surabaya have seawater as unlimited quantity resources but have a very high salt content. Therefore, it is necessary to study about appropriate and financially feasible desalination technology.

This planning studies 3 processing technology alternatives which commonly used in literature, i.e.; distillation technology by Multi Stage Flash Distillation (MSF), membrane technology by Reverse Osmosis (RO) and ion exchange technology by Electro-deionization. Studies corresponds with results of laboratory analysis test about raw water quality. Then planned technical calculations and financial analysis for 50 Litres per second on the selected alternative. So that generates value which determine the feasibility of project being undertaken.

The selected processing unit on this report is Reverse Osmosis. The superiority of this technology are the speed to produce water and chance for reject water utilization that can offset the high investment cost. The planned processing unit consists of vertical beach-well intake, coagulation-flocculation, sedimentation, pressure sand filter, activated carbon, RO and chlorination. This processing is not using any chemicals so that reject water can be used to be pure salt and nigari that safe to be consumed. Financial analysis result of this processing system can

be said viable, because this project has positive NPV value of Rp11,953,760,829.00 with IRR of 28.81% which is higher than 12.5% MARR of BNI Bank within payback period after 6 years of the project based on payback period method.

**Keywords: feasibility analysis, desalination, Kenjeran Beach, drinking water supply, *Reverse Osmosis***

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Manfaat .....	2
1.5 Ruang Lingkup .....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Air Laut .....	5
2.2 Kualitas Air Minum .....	5
2.3 Teknologi Proses Desalinasi Air Asin .....	6
2.3.1 Multi Stage Flash Distillation .....	6
2.3.2 Reverse Osmosis (RO) .....	7
2.3.3 Electrodionization (EDI) .....	13
2.4 Sistem Intake .....	14
2.5 Pengolahan Pendahuluan (Pre-treatment) .....	16
2.5.1 Koagulasi-Flokulasi .....	16
2.5.2 Sedimentasi .....	18
2.5.3 Karbon aktif .....	19
2.6 Pengolahan Akhir (Post-treatment) .....	23
2.6.1 Desinfeksi .....	23
2.7 Pemanfaatan Air Buangan (Reject Water) .....	25
2.8 Analisis Perhitungan Finansial .....	26
2.8.1 Nilai Saat Ini, Nilai Masa Mendatang, Nilai Aliran Kas 26	
2.8.2 Perhitungan Bunga .....	27
2.8.3 Analisa Nilai Sekarang (Net Present Value) .....	27
2.8.4 Analisa Internal Rate of Return (IRR) .....	28
2.8.5 Analisa Periode Pengembalian (Payback Period) .....	29
BAB 3 METODOLOGI PERENCANAAN .....	31
3.1.1 Ide Studi .....	31
3.1.2 Studi Literatur .....	31



3.1.3	Pengumpulan Data .....	33
3.1.4	Pengolahan Data .....	33
3.1.5	Hasil dan Pembahasan.....	34
3.1.6	Kesimpulan dan Rekomendasi .....	34
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>37</b>
4.1	Kualitas Air Laut Kota Surabaya .....	37
4.2	Alternatif Pengolahan dengan Teknologi MSF.....	37
4.3	Alternatif Pengolahan dengan Teknologi RO.....	38
4.4	Alternatif Pengolahan dengan Teknologi EDI .....	40
4.5	Teknologi Terpilih .....	41
4.5.1	Pre-treatment .....	44
4.5.2	Unit Pengolahan Utama.....	44
4.5.3	Post-treatment .....	45
4.6	Perhitungan Mass Balance .....	46
4.7	Perhitungan Dimensi Teknologi Terpilih .....	47
4.7.1	Intake .....	47
4.7.2	Koagulasi Mekanik.....	52
4.7.3	Flokulasi.....	56
4.7.4	Sedimentasi .....	59
4.7.5	Unit Sand Filter .....	67
4.7.6	Bak Pengering .....	68
4.7.7	Unit Karbon Aktif.....	71
4.7.8	Bak Penampung .....	73
4.7.9	Unit RO .....	74
4.7.10	Unit Klorinasi.....	76
4.7.11	Reservoir dan Pembubuhan Nigari .....	79
4.7.12	Perhitungan Profil Hidrolis .....	83
4.8	Perhitungan Hasil Produk Sampingan .....	83
4.8.1	Garam Murni.....	83
4.8.2	Nigari.....	85
4.9	Analisis Finansial Teknologi Terpilih .....	86
4.9.1	Biaya Pengeluaran .....	86
4.9.2	Biaya Pemasukan.....	92
4.9.3	Net Present Value (NPV).....	94
4.9.4	Internal Rate of Return (IRR).....	95
4.9.5	Payback Period.....	97
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>99</b>
5.1	Kesimpulan.....	99
5.2	Saran .....	100

DAFTAR PUSTAKA .....	101
LAMPIRAN .....	107
BIOGRAFI PENULIS .....	108

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Air Berdasarkan Kadar $Cl^-$ .....	5
Tabel 2.2 Parameter Kualitas Air Minum.....	5
Tabel 2.3 Jenis Membran RO.....	12
Tabel 2.4 Nilai c sebagai Fungsi Sudut Belokan.....	16
Tabel 2.5 Nilai k untuk Macam-macam Sambungan .....	16
Tabel 2.6 Kecepatan Mengendap Berbagai Partikel.....	18
Tabel 2.7 Standar Pemilihan Karbon Aktif Bubuk .....	20
Tabel 3.1 Metode Uji Laboratorium .....	34
Tabel 4.1 Hasil Analisis Kualitas Air Laut Pantai Kenjeran .....	37
Tabel 4.2 Tabel Perbandingan Teknologi Desalinasi.....	41
Tabel 4.3 Mass Balance Total Pengotor .....	46
Tabel 4.4 Kesetimbangan TDS pada Unit RO .....	74
Tabel 4.5 Tabel Jam Pemakaian Air .....	79
Tabel 4.6 Tabel <i>Headloss</i> Total Antar Unit .....	83
Tabel 4.7 Rekapitulasi Perhitungan RAB Tiap Unit.....	86
Tabel 4.8 Jumlah Penggantian Unit .....	88
Tabel 4.9 Biaya Operasional Tiap Unit.....	89
Tabel 4.10 Biaya Listrik Tiap Tahun .....	90
Tabel 4.11 Tabel Gaji Karyawan .....	92
Tabel 4.12 Total Pengeluaran .....	94
Tabel 4.13 Tabel Perhitungan <i>Present Value</i> .....	95

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Multistage Flash Distillation (MSF) .....	6
Gambar 2.2 Contoh Instalasi Desalinasi Air Laut dengan Proses MSF Kapasitas 1000 m <sup>3</sup> per hari (2 unit). Lokasi PLTU Muara Karang, Jakarta. Produksi Sasakura.....	7
Gambar 2.3 Instalasi Desalinasi dengan Metode <i>Reverse Osmosis</i> di Barcelona.....	8
Gambar 2.4 Prinsip Dasar Proses Osmosis Balik ( <i>Reverse Osmosis</i> ).....	9
Gambar 2.5 Modul Membran <i>Reverse Osmosis</i> .....	9
Gambar 2.6 Diagram Skematik EDI sebagai Proses Lanjutan dari RO .....	14
Gambar 2.7 Hubungan Antara Zat yang Teradsorp per Jumlah Karbon Aktif (X/M) dengan Konsentrasi (C) pada Saat Kesetimbangan.....	21
Gambar 2.8 Grafik Hubungan Antara Log X/M dengan Log C untuk adsorpsi isothermis Freundlich.....	22
Gambar 2.9 Hubungan C/Y dengan Konsentrasi, C untuk Adsorpsi Isothermis Langmuir.....	23
Gambar 2.10 Kurva Inaktivasi Mikroorganisme di dalam Proses Disinfeksi .....	24
Gambar 2.11 Bagan Proses Pembuatan Garam Evaporasi .....	26
Gambar 3.1 Diagram Alir Studi.....	32
Gambar 4.1 Diagram Rencana Pengolahan .....	45
Gambar 4.2 Rencana Lokasi Instalasi Pengolahan di Daerah Pantai Kenjeran Lama .....	46

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kota Surabaya sendiri menjadi kota yang paling diincar para pengembang untuk mendirikan apartemen. Banyak penduduk luar Kota Surabaya yang ingin tinggal di Surabaya karena pekerjaan atau bisnis yang dimiliki. Berdasarkan Colliers International Indonesia Research, tercatat akan terdapat sebanyak 25.500 unit apartemen yang ada di Kota Surabaya pada tahun 2018. Kenaikan sebesar 10,8% terjadi pada tahun 2014. Kenaikan terjadi hanya dalam 1 semester (Research&Forecast Report, 2014). Sehingga, tidak heran apabila jumlah kebutuhan air di Surabaya meningkat. Konsumsi air sebanyak 214 juta meter kubik itu meningkat 10% dibandingkan dengan tahun lalu.

Air baku PDAM berasal dari Sungai Brantas. Pada tahun 2014, sambungan rumah PDAM Surabaya tercatat 483.875 rumah dengan total penduduk 2.853.661 jiwa (Surabaya dalam Angka, 2015). Itu berarti produksi PDAM hanya bisa melayani 70% dari total masyarakat Surabaya. Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Surya Sembada Surabaya mengeluhkan kualitas air baku di Surabaya yang masih minim. Penyebab buruknya kualitas air ini karena lokasi Surabaya berada di hilir. Hal ini otomatis membuat biaya produksi menjadi lebih tinggi karena menanggung beban penjernihan air yang tercemar. Biaya produksi dari PDAM kini mencapai Rp 2.100,- per meter kubik (Surya.co.id, 2015).

Walikota Surabaya, Tri Risma Harini merencanakan untuk membangun pintu air baru di hilir Sungai Surabaya sebagai upaya mengatasi defisit air baku air minum warga Kota Surabaya (voaindonesia.com, 2015). Namun, solusi tersebut belum dapat menyelesaikan permasalahan mengenai kualitas air baku yang terus menurun yang menyebabkan air hasil produksi tidak layak minum dan kuantitas yang tidak menentu karena tergantung pada musim.

Sumber air yang secara kuantitas tidak terbatas adalah air laut. Akan tetapi air laut mengandung kadar garam dan TDS (*Total Dissolved Solid*) yang sangat tinggi sehingga diperlukan pengolahan lebih lanjut agar dapat dimanfaatkan sebagai air minum (Said, 2010). Sehingga diperlukan pengkajian khusus mengenai pengolahan air laut yang biasa disebut dengan desalinasi. Pengkajian dilakukan terhadap 3 alternatif pengolahan yang umum digunakan oleh para produsen air minum di dunia, yaitu teknologi distilasi dengan *Multi Stage Flash Distillation* (MSF), teknologi membran dengan *Reverse Osmosis* (RO) dan teknologi pertukaran ion dengan (*Electrodeionization*). Teknologi terpilih akan direncanakan sesuai dengan hasil kualitas air laut di Surabaya. Sehingga didapatkan teknologi yang tepat untuk diaplikasikan dan layak secara finansial.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah Tugas Akhir :

1. Bagaimana kualitas air laut yang akan digunakan sebagai sumber air baku pengolahan ?
2. Apa saja alternatif teknologi pengolahan yang sesuai untuk pengolahan air laut ?
3. Apa teknologi yang paling tepat untuk diaplikasikan dan layak secara finansial ?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Mengidentifikasi kualitas air laut yang akan digunakan sebagai sumber air baku pengolahan
2. Mengidentifikasi alternatif teknologi yang sesuai untuk pengolahan air laut
3. Menentukan teknologi yang paling tepat untuk diaplikasikan dan layak secara finansial

## **1.4 Manfaat**

Manfaat dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Pembaca memahami kualitas air baku yang akan digunakan sebagai sumber air baku pengolahan

2. Pembaca memahami alternatif teknologi apa saja yang dapat digunakan dalam proses desalinasi
3. Pembaca memahami proses masing-masing teknologi desalinasi dan memahami teknologi yang paling tepat untuk diaplikasi dan layak secara finansial

### **1.5 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Debit air produksi pengolahan adalah 50 L/detik
2. Hasil air olahan dengan kualitas air minum
  - Parameter berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010
3. Lokasi pengambilan air baku berada di Pantai Kenjeran, Kota Surabaya
4. Alternatif pengolahan meliputi:
  - a. Metode distilasi (*Multi Stage Flash Distillation*)
  - b. Metode membran (*Reverse Osmosis*)
  - c. Metode pertukaran ion (*Electrodeionization*)
5. Perhitungan alternatif terpilih meliputi :
  - a. *Basic Design*
  - b. *Bill of Quantity*
  - c. Rancangan Anggaran Biaya
6. Analisis kelayakan finansial

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air Laut**

Air laut dengan jumlah 97,5% dari air keseluruhan masih perlu dilakukan pengolahan agar dapat dikonsumsi. Namun, permasalahannya adalah kandungan garam terlarut menyebabkan diperlukannya pengolahan khusus sehingga air tersebut dapat dikonsumsi oleh masyarakat (Sisca, 2009). Menurut Stuyzand (1989), berdasarkan kadar  $\text{Cl}^-$  yang terdapat pada air diklasifikasikan menjadi beberapa kriteria seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi Air Berdasarkan Kadar  $\text{Cl}^-$

Kriteria Air	Kadar $\text{Cl}^-$ (mg/L)
Air Tawar	<150
Air Tawar – Payau	150 – 300
Air Payau – Tawar	300 – 1.000
Air Payau – Asin	1.000 – 10.000
Air Asin	10.000 – 20.000
Air Hipersalin	>20.000

Sumber : Stuyzand (1989)

#### **2.2 Kualitas Air Minum**

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010, air minum adalah air yang melalui proses pengolahan maupun tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Berikut ini merupakan parameter kualitas air minum berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 pada Tabel 2.3 di bawah ini:

Tabel 2.2 Parameter Kualitas Air Minum

No.	Jenis Parameter	Satuan	Baku Mutu
1.	Klorida	mg/L	250
2.	TDS	mg/L	500
3.	pH	mg/L	6,5 – 8,5

No.	Jenis Parameter	Satuan	Baku Mutu
4.	Fe	mg/L	0,3
5.	Mn	mg/L	0,4
6.	Temperatur	$^{\circ}\text{C}$	Suhu udara $\pm 3$
7.	Kekeruhan	NTU	5
8.	Warna	TCU	15

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010

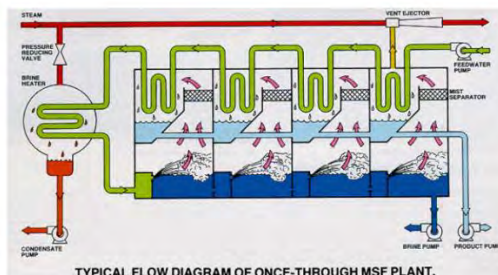
## 2.3 Teknologi Proses Desalinasi Air Asin

Menurut Said (2003), terdapat beberapa teknologi dalam proses desalinasi air asin, antara lain adalah:

### 2.3.1 Multi Stage Flash Distillation

Air laut yang telah dipanaskan dialirkan ke dalam vesel pada tekanan kecil, sebagian dari air laut yang dipanaskan akan segera mendidih dengan mengambil panas penguapan dari sisa air laut, sehingga mengakibatkan penurunan temperatur sisa air laut. Phenomena ini disebut *flash evaporation*.

Evaporator (penguap) dibagi dalam beberapa bagian yang disebut “*stage*”. Gambar di bawah ini memperlihatkan empat *stage* (tahap) dalam evaporator, namun pada umumnya di tempat pengolahan terdapat lebih dari sepuluh *stage*. Setiap *stage* selanjutnya dibagi menjadi *flash chamber* yang merupakan ruangan yang terletak dibawah pemisah kabut dan bagian kondensor yang terletak diatas pemisah kabut.



Gambar 2.1 Proses Multistage Flash Distillation (MSF)

Sumber: Said I.N. (2003)



Gambar 2.2 Contoh Instalasi Desalinasi Air Laut dengan Proses MSF Kapasitas 1000 m<sup>3</sup> per hari (2 unit). Lokasi PLTU Muara Karang, Jakarta. Produksi Sasakura  
Sumber: Said I.N. (2003)

Keunggulan MSF adalah sebagai berikut:

1. Tidak ada batasan ukuran yang tetap untuk setiap unit plant. Ukuran unit MSF dapat mencapai 100.000 Ton/hari.
2. Modul-modul MSF dapat dirakit di pabrik perakitan dengan berat dapat mencapai 1.600 Ton, dapat diangkut ke lokasi dalam satu blok tunggal.
3. Dapat digabungkan dengan instalasi pembangkit tenaga (steam atau gas turbine) untuk menghemat tenaga listrik atau menghemat biaya air.
4. Rancang bangun alat dapat dioptimisasi untuk mendapatkan harga produksi air yang paling murah

### **2.3.2 Reverse Osmosis (RO)**

Larutan dengan konsentrasi yang rendah akan terdifusi melalui membran *semi permeable* dan masuk ke dalam larutan konsentrasi tinggi sampai terjadi kesetimbangan konsentrasi, apabila dua buah larutan dengan konsentrasi rendah dan konsentrasi tinggi dipisahkan oleh membran semi permeable. Fenomena tersebut dikenal sebagai proses osmosis. *Reverse Osmosis* merupakan suatu metode pembersihan melalui membran *semi permeable*. Pada proses membran,

pemisahan air dari pengotornya didasarkan pada proses penyaringan dengan skala molekul, dimana suatu tekanan tinggi diberikan melampaui tarikan osmosis sehingga akan memaksa air melalui proses osmosis terbalik dari bagian yang memiliki kepekatan tinggi ke bagian yang mempunyai kepekatan rendah.

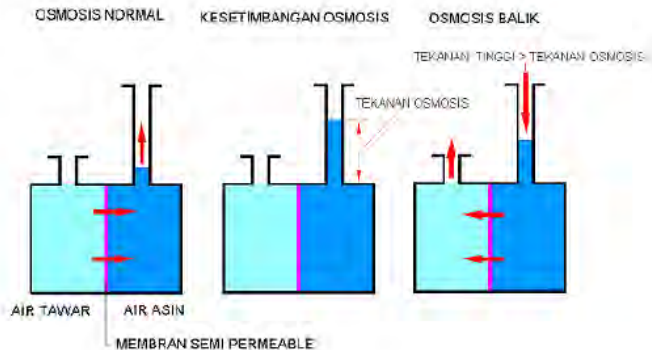


Gambar 2.3 Instalasi Desalinasi dengan Metode *Reverse Osmosis* di Barcelona  
Sumber: Said I.N. (2003)

Daya penggerak (*driving force*) yang menyebabkan terjadinya aliran /difusi air tawar ke dalam air asin melalui membran semi permeable tersebut dinamakan tekanan osmosis. Besarnya tekanan osmosis tersebut tergantung dari karakteristik membran, temperatur air, dan konsentarsi garam yang terlarut dalam air. Tekanan osmotik normal air-laut yang mengandung TDS 35.000 ppm dan suhu  $25^{\circ}\text{C}$  adalah kira-kira  $26,7\text{ kg/cm}^2$ , dan untuk air laut di daerah timur tengah atau laut Merah yang mengandung TDS 42,000 ppm, dan suhu  $300\text{ C}$ , tekanan osmotik adalah  $32,7\text{ kg /m}^2$ .

Proses desalinasi air laut dengan sistem osmosis balik (RO), tidak memungkinkan untuk memisahkan seluruh garam dari air lautnya, karena akan membutuhkan tekanan yang sangat tinggi sekali. Oleh karena itu pada

kenyataannya, untuk menghasilkan air tawar maka air asin atau air laut dipompa dengan tekanan tinggi ke dalam satu modul membrane osmosis balik yang mempunyai dua buah outlet yakni outlet untuk air tawar yang dihasilkan dan outlet untuk air garam yang telah dipekatkan (*reject water*).



Gambar 2.4 Prinsip Dasar Proses Osmosis Balik (*Reverse Osmosis*)

Sumber: Said I.N. (2003)



Gambar 2.5 Modul Membran Reverse Osmosis

Sumber: Said I.N. (2003)

Terdapat beberapa faktor-faktor yang saling berkaitan dalam proses penyaringan dengan menggunakan membran RO. Sehingga akan memengaruhi pula kualitas air hasil filtrasi. Faktor-faktor tersebut adalah sebagai berikut :

1. Tekanan

Besarnya tekanan osmosis dari suatu larutan dapat diketahui dalam persamaan :

$$\pi = 1,12 (t + 273) \Sigma mi \dots\dots\dots 2.1$$

dimana  $\pi$  adalah tekanan osmosis (Psi),  $t$  adalah suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ).  $\Sigma mi$  adalah jumlah molalitas kandungan ionik/nonionik. Tekanan operasi pada sistem *reverse* osmosis adalah sebesar  $5,3 - 24,6 \text{ kg/cm}^2$  (75-350 Psi). (Said, 2010).

2. Temperatur/suhu

Standar temperature yang digunakan adalah  $70^{\circ}\text{F}$  ( $21^{\circ}\text{C}$ ), tetapi umumnya yang digunakan mulai dari  $85^{\circ}\text{F}$  ( $29^{\circ}\text{C}$ ) (Eckenfelder, 2000).

3. Kepadatan/kerapatan membran

Semakin rapat membran, maka semakin baik air olahan yang dihasilkan (Eckenfelder, 2000). Membran juga dapat dibedakan berdasarkan tipe material pembuatan membran, ada yang mempunyai lapisan yang sangat tipis antara  $0,20 - 0,25 \mu\text{m}$  yang didukung dengan ketipisan ukuran pori antara  $100 \mu\text{m}$ . Membran yang paling sering digunakan adalah *flat sheet*, *fine hollow fibers*, *tubular form* (Metcalf and Eddy, 2004).

4. Flux (Fluks)

*Flux* merupakan laju volume fluida yang melewati penampang membran terus menerus. Fluks berhubungan dengan tekanan umpan, dimana fluks akan meningkat seiring dengan adanya peningkatan tekanan. Semakin besar tekanan yang diberikan, maka volume fluida yang dapat melewati membran akan meningkat (Edward, 2009).

5. *Recovery Factor*

Semakin tinggi faktor perolehan maka semakin baik konsentrasi garam pada proses pengolahan air payau yang didapat. Umumnya *recovery factor* mempunyai batasan 75% - 95% (Eckenfelder, 2000).

6. *Salt Rejection*

*Salt Rejection* tergantung dari tipe dan karakteristik pemeliharaan membran. Namun juga sangat tergantung pada kondisi operasi, konsentrasi larutan umpa, dan debit aliran. Nilai rejeksi merupakan angka mutlak (Nassa dan Dewi, 2004). Umumnya nilai rejeksi dari 85% - 99,5% dengan 95% yang lebih sering digunakan (Eckenfelder, 2000).

7. Ketahanan Membran

Membran hanya dapat bertahan sebentar atau akan cepat rusak apabila terlalu banyak komponen-komponen yang tidak diinginkan ikut masuk di dalam air umpan, seperti bakteri, jamur, phenol, dan bahkan nilai pH yang terlalu tinggi/rendah. Biasanya membran dapat bertahan selama 2 tahun dengan perubahan pada efisiensinya (Eckenfelder, 2000).

8. pH

pH pada membran yang sering digunakan memiliki batasan operasi antara 6 – 7,7.

### **2.3.2.1 Keuntungan Penggunaan Membran**

Keuntungan menggunakan membran dalam pengolahan air yaitu:

1. Menghasilkan air dengan kualitas air bersih
2. Dalam proses pengolahan memerlukan sedikit bahan kimia
3. Fasilitas desain dan konstruksi memiliki sistem yang kompak dan modular
4. Mampu memproduksi air dengan kualitas konstan
5. Mampu menyisihkan bahan kontaminan dengan rentang yang lebar

### **2.3.2.2 Klasifikasi Membran Berdasarkan Struktur Membran**

Membran RO yang paling sering digunakan dalam industri pemurnian air adalah membran yang berbahan selulosa asetat (CA), selulosa triasetat (CTA) dan poliamida (PA).

Tabel 2.3 Jenis Membran RO

Batasan	Membran Selulosa Asetat	Membran Selulosa Triasetat	Lapisan Tipis Membran Komposit
pH	2-8	4-9	2-11
Temperatur	5°C - 30°C	5°C - 35°C	5°C - 50°C
Ketahanan terhadap bakteri	Lemah	Kuat	Sangat kuat
Ketahanan terhadap khlorin	0 – 1 ppm	0 – 3 ppm	0 – 0,1 ppm
Rejeksi terhadap garam 60 psi	85 – 92%	92 – 96%	94 – 98%
Rejeksi terhadap nitrat saat 60 psi	30 – 50%	40 – 60%	70 – 90%
Cost relatif	Rendah	Menengah	Tinggi

Sumber : Ariyanti, 2011

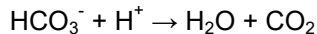
### 2.3.2.3 Klasifikasi Membran Berdasarkan Modul Membran

Jenis modul membran antara lain *plate and frame*, *tubular*, *spiral-wound* dan *hollow fiber*. Modul *plate and frame* terdiri dari lembaran membran yang disusun pada rangka yang memiliki jarak tertentu satu dengan yang lain. Modul *tubular* terdiri dari membran berbentuk pipa berdiameter 1,3 cm, disusun pada pipa *stainless steel*. Modul *spiral-wound* terdiri dari lembaran membran yang disusun lalu digulung menyerupai gulungan kain. Modul ini lebih efektif dari segi teknis dan ekonomis apabila dibandingkan dengan modul *plate and frame* dan *tubular*. Modul *hollow fiber* terdiri dari banyak membran berbentuk pipa kapiler dengan diameter 200  $\mu\text{m}$  yang ditempatkan pada vessel bertekanan (William, 2003).



#### 2.3.2.4 Scaling dan Fouling pada Membran RO

*Scaling* (pengerasan) yang disebabkan oleh adanya hidrogen karbonat yang menyebabkan air menjadi sadah. Hidrogen karbonat dapat dihilangkan dengan penambahan larutan asam berion  $H^+$ . larutan  $H_2SO_4$  merupakan larutan asam yang biasa digunakan untuk pengolahan. Secara stokhiometri, reaksi yang terjadi adalah:



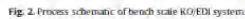
*Fouling* (penyumbatan) yang disebabkan oleh adanya bakteri, alga, fungi dan mikroorganisme sebagai koloid pada air baku yang dapat menyebabkan penyumbatan dalam RO. Untuk penyesihannya dapat dilakukan dengan biofiltrasi dan kemudian dilakukan oksidasi dengan bahan kimia seperti chlorin atau anti *fouling* agar zat organik dapat terpecah menjadi lebih kecil. Penggunaan anti *scalant* ( $NaHSO_3$ ) umumnya dibutuhkan 100 mg/l setiap 30 menit. Pemakaiannya dilakukan ketika *biogrowth* dicurigai (The Dow Chemical Company, 2013).

#### 2.3.3 Electrodionization (EDI)

Elektrodionisasi adalah suatu proses baru yang sedang berkembang dan cenderung digunakan untuk produksi air murni dalam skala besar. Elektrodionisasi (EDI) adalah suatu proses menghilangkan senyawa ion dari zat cair dengan menggunakan media yang aktif akibat aliran listrik dan tegangan listrik yang mempengaruhi perpindahan ion. Media tersebut akan mengumpulkan dan menghilangkan senyawa ion atau memfasilitasi perpindahan ion secara kontinu dengan mekanisme substitusi secara ionik atau elektronik. Sistem operasi unit EDI terbagi menjadi 3, yaitu: sistem batch, intermitten (terputus-putus) dan kontinu.

Sedangkan berdasarkan pengisian energy, unit EDI terbagi menjadi 2, yaitu pengisian secara permanen dan secara sementara (Wood et al, 2010). Kelebihan sistem EDI secara kontinu adalah tingkat konduktivitas dalam cairan resin yang lebih tinggi 2 kali lipat dibanding

Beberapa tahun terakhir ini terdapat banyak design yang bermunculan, termasuk perbedaan konfigurasi modul dan konfigurasi resin. Umumnya terdapat 2 jenis konfigurasi modul untuk unit EDI skala industri, yaitu *plate-and-frame* dan *spiral wound* (Dey, 2005).



Sumber: Wenten et al. (2013)

Bangunan ini berfungsi untuk pemasok air laut ke fasilitas desalinasi yang diusulkan. Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pembangunan unit ini termasuk kualitas sumber air, dampak yang ditimbulkan selama pembangunan unit maupun operasionalnya untuk biota laut, biaya modal dan operasional serta peraturan yang mungkin mengikat.

14

1. *Intake* dibangun pada daerah yang mempunyai kemungkinan dengan kualitas air baku yang baik dan tidak pada *dead area* (sedikit atau tidak ada sirkulasi, dekat sumber limbah, rentan terhadap tumpahan bahan berbahaya).
2. Kedalaman level air harus diperkirakan baik saat pasang maupun surut.

Bangunan *intake* sebaiknya berdekatan dengan instalasi pengolahan air.

Penentuan peletakan pompa pada *intake*, dibutuhkan perhitungan untuk menentukan *head* pada *intake* itu sendiri. Berikut perhitungannya:

1. Head Pompa

$$H_{pompa} = H_{statis} + Hf_{mayor} + Hf_{minor} + v^2/2 \dots 2.2$$

2. *Head Losses Minor*

Untuk mengetahui kerugian *head* karena beberapa faktor seperti belokan dan aksesoris, dapat menggunakan persamaan di bawah ini (White, 1986):

$$hm = k \times \frac{v^2}{2g} \dots 2.3$$

3. Mayor Losses dalam pipa menurut Hazen-William ( $H_f$ )

Untuk mengetahui kehilangan tekanan dalam pipa karena panjang pipa.

$$H_f = \frac{L \times Q^{1,85}}{(0,0015 \times C \times D^{2,63})^{1,85}} \dots 2.4$$

Keterangan:

- |              |  |
|--------------|--|
| Q            | = debit yang mengalir pada pipa (L/detik)                                  |
| c            | = koefisien kekasaran  |
| D            | = diameter pipa (cm)   |
| L            | = panjang pipa (cm)  |
| $H_{statis}$ | = beda tinggi muka air antara pipa suction dan pipa discharge (m)          |
| $Hf_{mayor}$ | = kehilangan tekanan pada pipa utama (m)                                   |
| $Hf_{minor}$ | = kehilangan tekanan pada asesoris pipa karena perubahan bentuk aliran (m) |
| K            | = koefisien gesekan pada asesoris pipa                                     |
| v            | = kecepatan saat melewati pipa (m/detik)                                   |

g = percepatan gravitasi (9,81 m/detik<sup>2</sup>)

Tabel 2.4 Nilai c sebagai Fungsi Sudut Belokan

Bahan	Nilai c	
	Pipa Baru	> 10 tahun
Pipa PVC	120-140	100-110
Pipa AC	120	110
Pipa Steel	120	100
Pipa baja	120	100

Sumber : Joko 2010

Tabel 2.5 Nilai k untuk Macam-macam Sambungan

Jenis sambungan	Nilai k
<i>Standard Elbow</i>	0,9
<i>Standard Tee</i>	1,8
<i>Standard Valve</i>	2,5
<i>Standard Valve</i>	0,19
<i>Sambungan antara pipa dan reservoir</i>	0,01 - 1

Sumber : Joko, 2010

## 2.5 Pengolahan Pendahuluan (*Pre-treatment*)

### 2.5.1 Koagulasi-Flokulasi

Koagulasi-flokulasi merupakan dua proses yang terangkai menjadi kesatuan proses tak terpisahkan. Pada proses koagulasi terjadi destabilisasi koloid dan partikel dalam air sebagai akibat dari pengadukan cepat dan pembubuhan bahan kimia (disebut kapur). Segera setelah terbentuk inti flok, diikuti oleh proses flokulasi, yaitu penggabungan inti flok menjadi flok berukuran lebih besar yang memungkinkan partikel dapat mengendap. Penggabungan flok kecil menjadi flok besar terjadi karena adanya tumbukan antar flok. Tumbukan ini terjadi akibat adanya pengadukan lambat. (Masduqi, 2012).

Pengadukan Cepat:

Untuk proses koagulasi-flokulasi:

- Waktu detensi = 20 - 60 detik
- $G = 1000 - 700$  /detik

Untuk penurunan kesadahan (pelarutan kapur/soda):

- Waktu detensi = 20 - 60 detik

- $G = 1000 - 700$  /detik

Untuk presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)

- Waktu detensi = 0,5 - 6 menit

- $G = 1000 - 700$  /detik

Pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu:

1. Pengadukan mekanis

2. Pengadukan hidrolis

3. Pengadukan pneumatis

Pengadukan Lambat

Secara spesifik, nilai  $G$  dan waktu detensi untuk proses flokulasi adalah sebagai berikut:

- Untuk air sungai:

- Waktu detensi = minimum 20 menit

- $G = 10 - 50$  /detik

- Untuk air waduk:

- Waktu = 30 menit

- $G = 10 - 75$  /detik

- Untuk air keruh:

- Waktu dan  $G$  lebih rendah

- Bila menggunakan garam besi sebagai kapur:

- $G$  tidak lebih dari 50 /detik

- Untuk flokulator 3 kompartemen:

- $G$  kompartemen 1 : nilai terbesar

- $G$  kompartemen 2 : 40 % dari  $G$  kompartemen 1

- $G$  kompartemen 3 : nilai terkecil

Untuk penurunan kesadahan (pelarutan kapur/soda):

- Waktu detensi = minimum 30 menit

- $G = 10 - 50$  /detik

Untuk presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)

- Waktu detensi = 15 - 30 menit

- $G = 20 - 75$  /detik

- $G T d = 10.000 - 100.000$

Pengadukan lambat dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain:

1. Pengadukan mekanis

2. Pengadukan hidrolis

### 2.5.2 Sedimentasi

Sedimentasi adalah proses pemisahan partikel solid tersuspensi melalui gaya gravitasi sehingga partikel tersebut terendapkan.

Aplikasi utama dari sedimentasi pada instalasi pengolahan air minum adalah (Reynolds, 1986)

1. Pengendapan awal sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat.
2. Pengendapan setelah air melalui proses koagulasi dan flokulasi sebelum memasuki unit saringan pasir cepat. Unit-Unit Instalasi Pengolahan Air Minum VI-22
3. Pengendapan setelah melalui proses koagulasi dan flokulasi pada instalasi yang menggunakan sistem pelunakan air oleh kapur-soda.
4. Pengendapan setelah air melalui proses penyisihan besi dan mangan.

Tabel 2.6 Kecepatan Mengendap Berbagai Partikel

Jenis Partikel	Specific Gravity	Ukuran Partikel		Kecepatan Pengendapan	
		Mesh	mm	mm/s	fpm
Tanah	2.65	18	1.00	100	19.7
Tanah	2.65	20	0.85	73	14.3
Tanah	2.65	30	0.60	62	12.2
Tanah	2.65	40	0.40	42	8.2
Lempung	2.65	70	0.20	21	4.1
Lempung	2.65	100	0.15	15	3
Lempung	2.65	140	0.10	8	1.6
Lempung dan Tanah Liat	2.65	200	0.03	6	1.2
Lempung dan Tanah Liat	2.65	230	0.06	3.8	0.75
Lempung dan Tanah Liat	2.65	400	0.04	2.1	0.41
Tanah Liat	2.65	-	0.02	0.62	0.12
Tanah Liat	2.65	-	0.01	0.154	0.03
Flok Alum	1.001	-	1-4	0.2 - 0.9	0.04 - 0.18
Flok Kapur	1.002	-	1-3	0.4 - 1.2	0.08 - 0.23

Sumber: Kawamura, 1991

#### Zona Pengendapan

Kriteria desain dari zona pengendapan pada bak sedimentasi berbentuk persegi panjang yang

dilengkapi dengan plate settler adalah sebagai berikut (Kawamura, 1991):

- Jumlah bak minimum ( $J_b$ ) = 2
- Rasio panjang dan lebar bak  $p : l = (4-6) : 1$
- Rasio lebar bak dan kedalaman air  $l : h = (3-6) : 1$

### 2.5.3 Karbon aktif

Proses pengolahan air minum dengan karbon aktif digunakan untuk menghilangkan kandungan zat-zat yang tidak dapat dibersihkan atau dihilangkan dengan teknik pengolahan biasa seperti koagulasi, flokulasi dan pengendapan. Zat-zat dalam air baku yang tidak dapat dihilangkan dengan cara pengolahan biasa yaitu antara lain : bau, detergen, senyawa phenol, zat warna organik, ammonia dan zat-zat organik lainnya.

Ada 2 (dua) tipe karbon aktif yang sering dipakai untuk pengolahan air minum yaitu karbon aktif bubuk atau *Powder Activated Carbon* (PAC) dan Karbon Aktif butiran atau *Granular Activated Carbon* (GAC) yang mana keduanya mempunyai kelebihan dan kekurangan dalam segi proses maupun segi finansialnya. Pada umumnya pengolahan dengan karbon aktif bubuk dipilih atau dilakukan dengan pertimbangan untuk pengolahan dalam keadaan darurat atau untuk jangka pendek misalnya pada saat musim kemarau di mana kualitas air baku menjadi jelek. Sedangkan untuk proses jangka waktu yang lama penggunaan karbon aktif butiran (granular) mempunyai keuntungan yang lebih besar dibandingkan dengan karbon aktif bubuk. Tetapi pada kondisi tertentu kombinasi antara keduanya sering juga dilakukan.

#### 2.5.3.1 Prinsip Dasar Pengolahan dengan Karbon Aktif

Proses pengolahan air minum dengan karbon aktif adalah merupakan proses Adsorpsi secara fisika (*Physical Adsorption*) yaitu proses terkonsentrasinya molekul-molekul adsorbat (zat yang akan diadsorpsi) dalam air (misalnya zat organik dll.) ke permukaan karbon aktif oleh karena adanya gaya tarik menarik antara molekul karbon aktif dengan molekul-molekul adsorbat yang ada dalam air

(Gaya Van der Waals). Karbon aktif adalah salah satu zat yang mempunyai daya menyerap zat-zat polutan yang ada dalam air sehingga zat tersebut akan menempel atau terkonsentrasi pada permukaan karbon aktif, sehingga konsentrasi zat polutan yang ada dalam air tersebut menjadi hilang atau berkurang. Proses ini disebut adsorpsi.

Tabel 2.7 Standar Pemilihan Karbon Aktif Bubuk

Item	Standar Pemilihan	Spesifikasi
Ukuran butiran	Surplus kurang 10% setelah screening 74 $\mu$ .	100 mesh
Methylene blue decoloration	-	> 150 mg/l
Iodine Adsorption	-	> 1000 mg/g
Dry Weight Reduction	20 – 50 %	< 45 – 540 %
pH	4 - 11	4 – 11
Chloride	< 0,5 %	0,5 %
Lead (Pb)	< 10 ppm	< ppm
Zinc (Zn)	< 50 ppm	< 50 ppm
Cadmium (Cd)	< 1 ppm	< 1 ppm
Arsenic (As)	< 2 ppm	< 2 ppm
Conductivity	< 900 $\mu$ O/cm	-

Sumber: Said I.N. (2007)

### 2.5.3.2 Persamaan Freundlich

Hubungan antara jumlah massa zat yang teradsorpsi oleh karbon aktif per massa karbon aktif yang diberikan, dengan konsentrasi adsorbat (misal zat organik), dalam air pada keadaan setimbang, secara empiris ditunjukkan oleh persamaan, Freundlich (Naitoh, 1985) sebagai berikut :

$$Y = \frac{x}{M} = kC^{1/n} \dots\dots\dots 2.5$$

Keterangan:

Y = jumlah zat teradsorpsi per jumlah massa karbon aktif

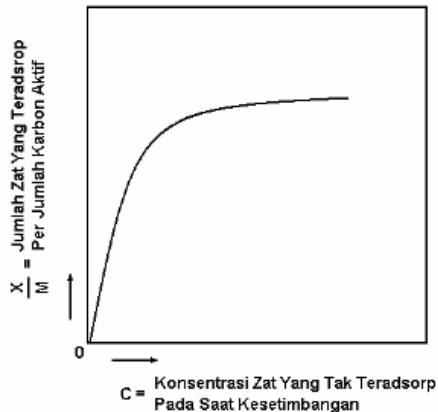
X = jumlah massa zat yang teradsorpsi

M = jumlah massa karbon aktif



C = Konsentrasi zat polutan dalam air  
(adsorbate) pada keadaan setimbang  
k, n = konstanta

Hubungan kesetimbangan antara X/M dengan C dapat dilihat pada berikut:



Gambar 2.7 Hubungan Antara Zat yang Teradsorpsi per Jumlah Karbon Aktif (X/M) dengan Konsentrasi (C) pada Saat Kesetimbangan

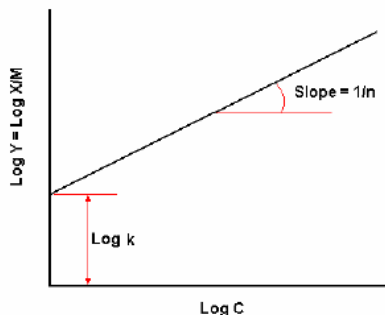
Sumber: Said I.N. (2007)

Logaritma dari persamaan 2.6 adalah sebagai berikut:

$$\text{Log} \frac{X}{M} = \frac{1}{n} \text{Log} C + \text{Log} k \quad \dots\dots\dots 2.6$$

Harga k dan n bervariasi tergantung dari macam zat yang akan diadsorpsi dan juga tergantung dari jenis maupun sifat dari karbon aktifnya. Disamping itu juga tergantung pada suhu maupun tekanan. Besarnya harga k dan n diketahui dengan cara melakukan percobaan laboratorium yaitu dengan cara mengukur harga X/M untuk tiap konsentrasi C tertentu, kemudian dibuat grafik antara log X/M dengan log C sehingga didapat garis lurus dengan *slope* 1/n dan *intercept* sama dengan log k.

Jika log X/M diplotkan dengan log C, akan didapatkan suatu garis lurus dengan *slope* (kemiringan) sama dengan 1/n dan *intercept* sama dengan log k seperti berikut:



Gambar 2.8 Grafik Hubungan Antara Log X/M dengan Log C untuk adsorpsi isothermis Freundlich

Sumber: Said I.N. (2007)

### 2.5.3.3 Persamaan Langmuir

Pada tahun 1918, Langmuir menurunkan teori isotherm adsorpsi dengan menggunakan model sederhana berupa padatan yang mengadsorpsi gas pada permukaannya. Model ini mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat di permukaan adsorben. Pendekatan Langmuir meliputi lima asumsi mutlak, yaitu:

1. Gas yang teradsorpsi berkelakuan ideal dalam fasa uap.
2. Gas yang teradsorpsi dibatasi sampai lapisan *monolayer*.
3. Permukaan adsorbat homogen, artinya afinitas setiap kedudukan ikatan untuk molekul gas sama.
4. Tidak ada antaraksi lateral antar molekul adsorbat.

5. Molekul gas yang teradsorpsi terlokalisasi, artinya mereka tidak bergerak pada permukaan.

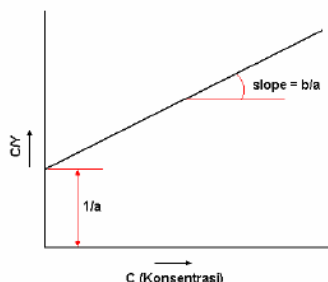
Persamaan Langmuir ditulis sebagai berikut:

$$Y = \frac{X}{M} = \frac{a \times C}{1 + b C} \dots\dots\dots 2.7$$

Keterangan:

- X = jumlah massa zat yang teradsorpsi
- M = jumlah massa karbon aktif
- a = persamaan adsorpsi isothermis Langmuir.

$b$  = parameter afinitas atau konstanta Langmuir  
 $C$  = konsentrasi zat polutan dalam air (adsorbat) pada keadaan setimbang



Gambar 2.9 Hubungan  $C/Y$  dengan Konsentrasi,  $C$  untuk Adsorpsi Isothermis Langmuir  
 Sumber: Said I.N. (2007)

## 2.6 Pengolahan Akhir (*Post-treatment*)

### 2.6.1 Desinfeksi

Desinfeksi yaitu mekanisme inaktivasi atau destruksi organisme patogen untuk mencegah penyebaran penyakit pada penggunaan air dan lingkungan sekitar. Desinfeksi ini terdiri dari 2 proses yaitu inaktivasi organisme patogen dan pemindahan secara fisis organisme tersebut. Karakteristik yang diperlukan untuk memilih disinfektan yang ideal yaitu kemampuan menghancurkan bakteri patogen secara cepat dalam berbagai kondisi, ketahanan, mampu menghilangkan rasa dan bau, tidak ada pembentukan senyawa atau produk samping yang berbahaya, biaya terjangkau dan dapat terdeteksi (Long, 2005).

#### 2.6.1.1 Konsentrasi Disinfektan dan Waktu Kontak

Inaktivasi mikroorganisme patogen oleh senyawa disinfektan bertambah sesuai dengan waktu kontak, dan idealnya mengikuti kinetika reaksi orde satu. Inaktivasi terhadap waktu mengikuti garis lurus apabila data diplot pada kertas log-log.

$$N_t/N_0 = e^{-kt} \dots\dots\dots 2.8$$

Keterangan:

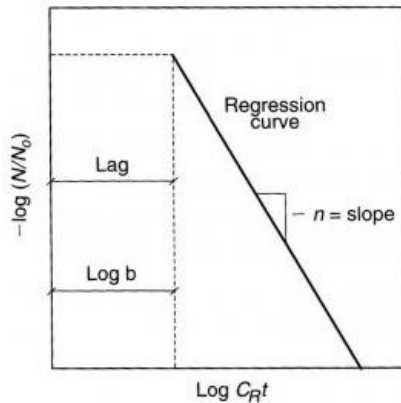
$N_0$  = jumlah mikroorganisme pada waktu 0

$N_t$  = jumlah organisme pada waktu t

k = decay constant atau konstanta pemusnahan ( /waktu )

t = waktu

Namun demikian data inaktivasi di lapangan menunjukkan deviasi dari kinetik orde satu seperti terlihat pada Gambar 1 (Hoff dan Akin, 1986). Kurva C pada Gambar 1 menunjukkan deviasi dari kinetika orde satu. Bagian ujung kurva merupakan akibat adanya subpopulasi dari populasi heterogen mikroorganisme yang resistan terhadap disinfektan. Kurva A menunjukkan populasi mikroorganisme homogen yang sensitif terhadap disinfektan, Sedangkan kurva B menunjukkan populasi mikroorganisme homogen yang agak tahan terhadap disinfektan.



Gambar 2.10 Kurva Inaktivasi Mikroorganisme di dalam Proses Disinfeksi

Sumber: Metcalf & Eddy (2004)

Efektifitas disinfektan dapat digambarkan sebagai C.t. C adalah konsentrasi disinfektan dan t adalah waktu yang diperlukan untuk proses inaktivasi sejumlah persentasi tertentu dari populasi pada kondisi tertentu (pH dan suhu). Hubungan antara konsentrasi disinfektan

dengan waktu kontak diberikan oleh hukum Watson sebagai berikut (Clark, 1989) :

$$K = C^n \times t \dots\dots\dots 2.9$$

Keterangan:

K = konstanta mikro-organisme tertentu yang terpapar disinfektan pada kondisi tertentu.

C = konsentrasi disinfektan (mg/l).

t = waktu yang diperlukan untuk memusnahkan persentasi tertentu dari populasi (menit)

n = Konstanta yang disebut koefisien pelarutan.

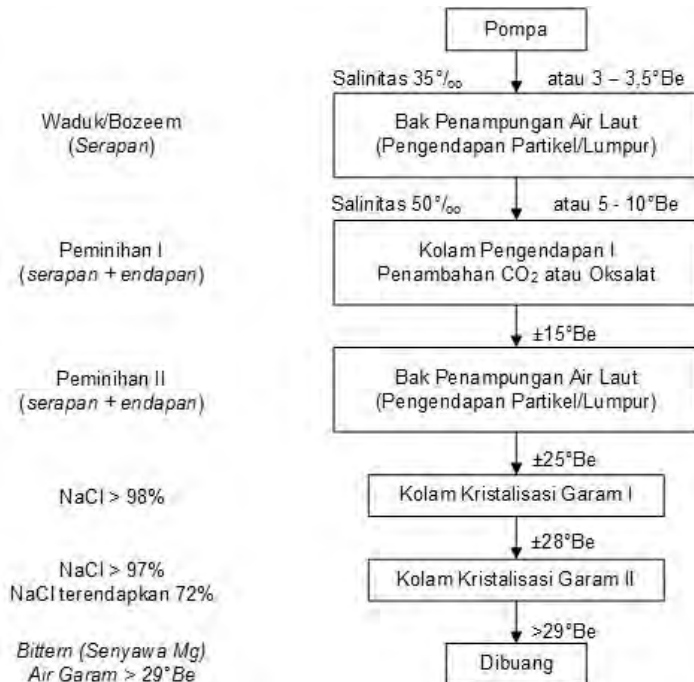
## 2.7 Pemanfaatan Air Buangan (*Reject Water*)

Selain menghasilkan air bersih berupa air tawar, air buangan (*reject*) dari pengolahan dengan *Reverse Osmosis* yang mengandung kadar garam dapat digunakan untuk dimanfaatkan kembali sehingga dapat bernilai ekonomis. Berikut beberapa pemanfaatan air *reject* yang telah diterapkan.

Garam adalah salah satu hasil olahan air laut yang masih dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia. Secara umum, proses pembuatan garam dapur di Indonesia masih secara sederhana yaitu dengan mengumpulkan air laut ke suatu kolam seperti tambak di tepi pantai. Kemudian dengan bantuan sinar matahari, air laut akan menguap sehingga terbentuk Kristal NaCl yang tertinggal di tambak (Purbani, 2002).

Hasil samping dari pembuatan garam terbentuklah air berkadar garam tinggi yang banyak mengandung garam-garam magnesium. Air ini disebut juga dengan air *bittern*. Jika air ini diolah dapat menghasilkan air nigari yang mengandung senyawa magnesium yang baik untuk tubuh.

*Plant* desalinasi untuk membuat air nigari dapat menggunakan penguapan konvensional yang dapat menghasilkan air kadar garam dengan kepekatan 25°Be dalam waktu 9 hari (Chadarisman, 2012). Manfaat dari air nigari dapat digunakan untuk perawatan kulit dan sebagai bahan untuk pembuatan tofu.



**Gambar 2.11 Bagan Proses Pembuatan Garam Evaporasi**

*Sumber : Purbani, 2002*

## **2.8 Analisis Perhitungan Finansials**

### **2.8.1 Nilai Saat Ini, Nilai Masa Mendatang, Nilai Aliran Kas**

Nilai saat ini, masa mendatang dan aliran kas merupakan suatu keterikatan. Nilai sekarang (P) merupakan nilai yang didefinisikan untuk waktu sekarang dari sebuah aliran kas. Nilai masa mendatang (F) merupakan nilai yang didefinisikan untuk waktu masa mendatang dari sebuah aliran kas. Nilai Aliran Kas (A) merupakan nilai pada akhir periode dengan besar yang sama setiap periode. Terdapat beberapa rumus untuk menentukan P, F, A dengan tujuan yang berbeda-beda. Rumus perhitungannya sebagai berikut:

$$(P/F) = \frac{1}{(1+i)^N} \dots\dots\dots 2.10$$

$$(P/A) = \frac{(1+i)^N - 1}{i(1+i)^N} \dots\dots\dots 2.11$$

$$(A/P) = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \dots\dots\dots 2.12$$

Berdasarkan ketiga rumus tersebut, (P/F) digunakan untuk mencari nilai saat ini jika diketahui nilai masa mendatang, dengan bunga  $i\%$  yang berlaku, (P/A) digunakan untuk mencari nilai total saat ini, jika diketahui nilai angsuran / aliran selama periode tertentu. Sedangkan (A/P) digunakan untuk mencari nilai angsuran / aliran jika diketahui nilai saat ini. (Pujawan, 2009).

## 2.8.2 Perhitungan Bunga

Perhitungan bunga terbagi antara bunga sederhana dan bunga majemuk. Terdapat perbedaan antara kedua perhitungan tersebut. Pada perhitungan bunga sederhana, bunga dihitung tanpa pengakumulasian bunga di periode sebelumnya. Sedangkan perhitungan majemuk, dilakukan pengakumulasian bunga di periode sebelumnya. Perhitungan untuk metode sederhana yaitu:

$$I_n = P_n \times i \dots\dots\dots 2.13$$

Keterangan :

$I_n$  = jumlah bunga yang terjadi setiap periode (Rupiah)

$P_n$  = jumlah yang diinvestasikan setiap periode (Rupiah)

$i$  = tingkat bunga per periode (%)

Dengan perhitungan tersebut, nilai bunga tetap sama di setiap tahunnya sesuai periode tertentu. (Pujawan, 2009).

## 2.8.3 Analisa Nilai Sekarang (*Net Present Value*)

Menurut Nurul (2008) terdapat beberapa metode dalam menilai kelayakan suatu investasi usaha. Antara lain:

### 1. *Net Present Value (NPV)*

Metode ekivalensi yang didasarkan pada nilai bersih saat ini dari hasil perhitungan nilai aliran dana masuk dengan nilai aliran dana keluar dengan jangka waktu analisis dan suku bunga

tertentu. Nilai kelayakannya yaitu ketika nilai bersih (NPV) > 0. Menurut Pujawan (2009), untuk menentukan nilai NPV, data yang dibutuhkan yaitu tentang perkiraan aliran kas yang keluar dan aliran kas yang masuk di proyek tersebut. Rumus yang digunakan untuk menghitung NPV adalah:

$$NPV (i, N) = \sum_{t=0}^n \frac{R_t}{(1+i)^t} \dots \dots \dots 2.14$$

Keterangan:

N = total umur proyek atau periode studi proyek

R<sub>t</sub> = aliran kas masuk, aliran kas keluar

t = waktu pada aliran kas

i = besarnya nilai MARR (%)

#### 2. *Annual Worth Analysis*

Metode ini didasarkan pada ekivalensi secara tahunan dari nilai aliran dana masuk dan aliran dana keluar. Nilai kelayakannya adalah jika nilai A<sub>bersih</sub> bernilai positif atau lebih besar dari nol (A<sub>bersih</sub> > 0)

#### 3. *Future Worth Analysis*

Metode ini dilihat pada nilai yang akan datang, dimana nilai kelayakannya juga lebih besar dari nol.

#### 4. *Benefit Cost Ratio Analysis* (BC Analysis)

Metode ini didasarkan pada data ekivalensi dari nilai.

### 2.8.4 **Analisa Internal Rate of Return (IRR)**

*Rate of Return* merupakan nilai bunga yang pada periode tertentu menyebabkan terjadinya keseimbangan antara nilai pengeluaran dengan pemasukan, sehingga dapat dianggap bahwa nilai *Net Present Worth* (NPW) dari sebuah aliran kas sama dengan nol karena nilai ROR tersebut.

$$NPW = PW_R - PW_E = 0 \dots \dots \dots 2.15$$

Keterangan :

NPW = *Net Present Worth*



$PW_R$  = Nilai Present Worth dari semua pemasukan (aliran kas positif)

$PW_E$  = Nilai Present Worth dari semua pemasukan (aliran kas negatif)

(Pujawan, 2009)

## 2.8.5 Analisa Periode Pengembalian (*Payback Period*)

Periode pengembalian adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan biaya investasi dengan tingkat pengembalian tertentu. Tingkat pengembalian berdasarkan pada aliran kas dari proyek tersebut.

$$0 = -P + \sum_{t=1}^n At \left( \frac{P}{A}, i\%, t \right) \dots\dots\dots 2.16$$

Dengan nilai  $N^1$  merupakan periode pengembalian. Jika nilai  $N^1$  lebih besar dari perencanaan umur proyek, maka proyek tersebut tidak layak, begitu sebaliknya jika umur proyek, maka proyek tersebut tidak layak, begitu sebaliknya jika umur proyek lebih besar dari  $N^1$  maka proyek tersebut dinyatakan layak diterima. Untuk menentukan nilai  $N^1$ , menggunakan rumus di bawah ini:

$$N^1 = \frac{P}{At} \dots\dots\dots 2.17$$

Keterangan:

$N$  = periode pengembalian

$At$  = aliran kas pada akhir periode  $t$

Seringkali nilai  $i\%$  diasumsikan dengan angka  $0\%$ , namun jika menggunakan asumsi tersebut terdapat kesalahan yang sering terjadi yaitu semua aliran kas yang terjadi setelah  $N'$  diabaikan. Sehingga, sering kali terjadi nilai  $N^1$  lebih besar. Untuk menghindari kesalahan tersebut, sebaiknya digunakan metode nilai sekarang dengan menggunakan metode periode pengembalian sederhana sebagai alat bantu analisis suatu investasi proyek. (Pujawan, 2009).

## **BAB 3**

### **METODOLOGI PERENCANAAN**

Tugas akhir ini membutuhkan metode yang akan dapat membantu menentukan langkah-langkah yang sistematis. Berikut diagram alir yang akan digunakan seperti pada Gambar 3.1.

#### **3.1.1 Ide Studi**

Hal pertama yang dilakukan adalah melakukan analisis dari permasalahan yang akan dikaji. Permasalahannya adalah permintaan kebutuhan akan air bersih warga Kota Surabaya semakin meningkat namun meningkatnya kebutuhan tersebut tidak diiringi dengan meningkatnya kuantitas air baku. Kota Surabaya hanya mengandalkan Kali Brantas sebagai sumber air baku. Selain kuantitas yang tidak menentu karena berdasarkan musim, kualitas air Kali Brantas juga semakin menurun sehingga biaya untuk pengolahan akan semakin meningkat. Sedangkan disisi lain terdapat sumber air dengan kuantitas tidak terbatas yaitu air laut. Pengolahan air laut dikenal sebagai pengolahan dengan biaya yang mahal. Sehingga dibutuhkan pengkajian untuk mendapatkan teknologi yang tepat untuk mengolah air laut menjadi air bersih yang layak secara teknis dan finansial.

#### **3.1.2 Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan untuk mengkaji setiap alternatif pengolahan, pengkajian dilakukan dengan beberapa aspek teknis dan finansial, yaitu:

1. Kualitas setiap pengolahan
2. Kebutuhan lahan
3. Daya listrik

Biaya, meliputi: biaya kapital, operasional dan perawatan.

Sumber literatur yang digunakan antara lain adalah jurnal, *chapter book*, *prosiding*, *text book* dan peraturan pemerintah maupun SNI yang berlaku. Literatur yang digunakan untuk menunjang penelitian adalah:

### **Ide Perencanaan :**

KELAYAKAN TEKNOLOGI DESALINASI SEBAGAI ALTERNATIF  
PENYEDIAAN AIR MINUM KOTA SURABAYA



### **Studi Literatur :**

1. Teori dasar kandungan air laut
2. Pedoman kerja uji laboratorium kualitas air
3. Teknologi desalinasi dengan metode *Multi Stage Flash Distillation*
4. Teknologi desalinasi dengan metode *Reverse Osmosis*
5. Teknologi desalinasi dengan metode *Electrodeionization*
6. Perhitungan analisis finansial



### **Pengumpulan Data :**

Data Sekunder :

1. Harga Satuan Pokok Kerja Kota Surabaya (HSPK)
2. Baku mutu air minum

Data Primer :

1. Kualitas air baku air laut



### **Pengolahan Data :**

1. Uji laboratorium kualitas air baku
2. Pemilihan alternatif teknologi pengolahan berdasarkan kajian literatur
3. Perhitungan *basic design* alternatif teknologi terpilih
4. Perhitungan BOQ dan RAB



### **Hasil dan Pembahasan :**

1. Analisis kelayakan finansial

### **Kesimpulan dan Rekomendasi**

Gambar 3.1 Diagram Alir Studi

1. Teori dasar kandungan air laut
2. Pedoman kerja uji laboratorium kualitas air dengan parameter yang telah ditentukan.
3. Teknologi desalinasi dengan metode *Multi Stage Flash Distillation*
4. Teknologi desalinasi dengan metode *Reverse Osmosis*
5. Teknologi pertukaran ion dengan metode *Electrodeionization*
6. Perhitungan analisis finansial, meliputi:
  - a. Biaya investasi, operasional dan perawatan
  - b. Bunga peminjaman bank
  - c. NPV (*Net Present Value*)
  - d. IRR (*Internal Rate of Return*)
  - e. *Payback Period*

### **3.1.3 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data terbagi menjadi 2, yaitu: pengumpulan data sekunder dan primer. Data primer adalah data yang didapatkan langsung, yaitu saat pengambilan sampel. Sampel adalah air laut di wilayah Surabaya.

Alat yang diperlukan saat pengambilan sampel adalah botol plastik 1,5 L. Diambil air sampel dari sumber sebanyak 1,5 liter sebanyak 2 botol. Botol diisi penuh sampai tidak terdapat udara dalam botol. Air baku diambil dengan menggali pasir sedalam  $\pm 0,5$  meter.

Data Sekunder adalah data yang berdasarkan pada referensi yang ada. Data yang dibutuhkan dalam studi ini adalah Harga Satuan Pokok (HSPK) dan baku mutu air minum berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010.

### **3.1.4 Pengolahan Data**

Pengolahan data dan pembahasan dilakukan setelah data primer dan sekunder telah didapatkan. Pengolahan data dilakukan dengan pengujian laboratorium. Uji laboratorium akan dilakukan dengan

menguji kualitas air baku dari 8 parameter dengan masing-masing metode (Tabel 4.1).

Tabel 3.1 Metode Uji Laboratorium

No	Parameter	Metode	Laboratorium
1	TOC	TOC <i>Analyzer</i>	Lab Pusat Studi Lingkungan UBAYA
2	Timbal	Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	Lab Terpadu Poltekkes
3	Kadmium	Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	
4	Klorin	Metode iodometri	
5	Salinitas	Handy-lab LF11	Lab Pencemaran Udara Teknik Lingkungan ITS
6	TDS	Handy-lab LF11	
7	Kekeruhan	Uji kekeruhan dengan Nefelometer	Lab Pemulihan Air Teknik Lingkungan ITS
8	pH	pH meter	
9	Suhu	Termometer	

### 3.1.5 Hasil dan Pembahasan

Hasil dari pengolahan data ini akan terpilih teknologi desalinasi yang tepat dan sesuai dengan kualitas air baku. Dari teknologi yang terpilih tersebut akan hitung *basic design*, BOQ dan RAB serta analisis finansial.

Analisis finansial dalam studi ini akan membahas mengenai biaya investasi, operasional, perawatan, bunga peminjaman bank, NPV (*Net Present Value*), IRR (*Internal Rate of Return*) dan *Payback Period*.

### 3.1.6 Kesimpulan dan Rekomendasi

Tahap terakhir yaitu dilakukannya proses pengambilan keputusan dan kesimpulan dari hasil dan pembahasan. Ditarik kesimpulan mengenai layak atau tidaknya penerapan teknologi desalinasi ini untuk memenuhi kebutuhan akan air bersih yang semakin meningkat di Kota Surabaya. Jika hasil dari studi ini layak,

maka perlu dilanjutkan dalam perencanaan DED yang nantinya dapat diajukan sebagai saran kepada pihak PDAM Surabaya. Apabila hasil studi ini tidak layak, maka perlu lebih banyak variabel yang perlu untuk diteliti lebih lanjut, maka saran sangat diperlukan untuk menyempurnakan hasil studi.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Kualitas Air Laut Kota Surabaya

Pada tugas akhir ini, air baku yang digunakan adalah air laut yang berjarak kurang lebih 70 m dari garis Pantai Kenjeran Lama yang diambil pada saat kondisi surut dengan kedalaman kurang lebih 50 cm dari permukaan. Pengambilan sampel dengan menggunakan 2 botol bervolume 1,5 liter. Air diisi sampai penuh. Setelah dilakukan analisa terhadap air baku tersebut, terdapat parameter yang melebihi syarat air minum PERMENKES RI No. 492MENKES/PER/IV/2010.

Tabel 4.1 Hasil Analisis Kualitas Air Laut Pantai Kenjeran

No.	Parameter	Hail Uji	Lokasi Pengujian	Keterangan
1	pH	7.78	Lab Pemulihan Air	Memenuhi
2	Suhu	31 °C		Memenuhi
3	Kekeruhan	12 NTU		Tidak Memenuhi
4	TDS	33960 mg/L	Lab Pencemaran Udara	Tidak Memenuhi
5	Salinitas	23.9 ‰		Tidak Memenuhi
6	Total Organic Compound (TOC)	0.387 mg/L	Lab Pusat Studi Lingkungan UBAYA	Tidak Memenuhi
7	Klorin	21 %	Lab Terpadu Poltekes	Tidak Memenuhi
8	Kadmium	0.0014 ppm		Memenuhi
9	Timbal	1.287 ppm		Tidak Memenuhi

### 4.2 Alternatif Pengolahan dengan Teknologi MSF

Teknologi desalinasi dengan menggunakan distilasi atau dengan menggunakan energi panas telah digunakan ratusan tahun yang lalu. Namun dalam skala besar untuk perkotaan, pengolahan dengan teknologi desalinasi mulai beroperasi sekitar tahun 1950an (Gleick, 2006). Pada proses distilasi, air laut dipanaskan untuk menguapkan air laut dan kemudian uap air yang dihasilkan dikondensasi untuk memperoleh air tawar.



Penguapan air memerlukan panas penguapan yang tertahan pada uap air yang terjadi sebagai panas laten. Apabila uap air dikondensasi maka panas laten akan dilepaskan yang dapat dimanfaatkan untuk pemanasan awal air laut. Air tawar yang dihasilkan akan memiliki tingkat kemurnian yang tinggi (Said, 2003).

Kebutuhan air *intake* untuk pengolahan pada MSF sangat besar, mencapai 6-8 kapasitas air produksi. Semakin besar debit yang diolah akan semakin besar energi panas yang dibutuhkan serta semakin luas lahan yang dibutuhkan untuk instalasi pengolahan. Namun untuk kualitas air olahan tidak tergantung pada kondisi TDS air baku, yaitu kurang lebih 5 mg/L karena air olahan adalah hasil dari penguapan (Said, 2003). Pembangunan instalasi ini membutuhkan pembangunan pondasi dan pengerjaan konstruksi sipil yang ekstensif, sehingga untuk penambahan kapasitas olahan akan cukup sulit (Ibrahim, 1996). Disamping itu, permasalahan korosi juga sering terjadi karena adanya penguapan.

Sebuah instalasi MSF dengan kapasitas 6 mgd (263 L/detik) dengan TDS 50.000 ppm pada suhu 110°C mengkonsumsi sekitar 75 MW energi panas (285 MW/m<sup>3</sup>) dan sekitar 3 MWe untuk resirkulasi saja dan 1.2 MWe untuk pompa. Rata-rata membutuhkan listrik 2,5 – 4 KWh/m<sup>3</sup> (Darwish, 1987). Pembangunan instalasi MSF dengan kapasitas 6 mgd membutuhkan biaya capital sebesar \$ 84.350.000 (Rp 1,1 Trililiun) (Darwish, 1989) dengan biaya produksi sebesar \$ 0.584/m<sup>3</sup> (Rp 7.690,70) (Khawaji, A.D, 2007).

#### **4.3 Alternatif Pengolahan dengan Teknologi RO**

Apabila terdapat dua larutan dengan konsentrasi rendah dan konsentrasi tinggi dipisahkan oleh membran *semi permeable*, maka larutan dengan konsentrasi yang rendah akan terdifusi melalui membran semi permeable tersebut masuk ke dalam larutan konsentrasi tinggi sampai terjadi kesetimbangan konsentrasi. Fenomena tersebut dikenal sebagai proses osmosis. Ketika terdapat suatu sistem osmosis diberi tekanan yang lebih besar dari tekanan osmosisnya ( 32,1 kg/m<sup>2</sup> untuk TDS 42.000 ppm pada suhu 30°C dan 26,7 kg/cm<sup>2</sup> untuk TDS 35000 ppm pada suhu 25°C), maka aliran air tawar akan berbalik yakni dari

air asin ke air tawar melalui membran *semi permeable*, sedangkan garamnya tetap tertinggal di dalam larutan garamnya sehingga menjadi lebih pekat (Said, 2003).

Kapasitas debit air baku pada umumnya  $\pm 3$  kali lipat dari kapasitas sistem *Reverse Osmosis*, dimana sepertiganya akan diolah menjadi air tawar dan sisanya sebagai reject untuk membuang garamnya (Said, 2003). Kapasitas tersebut juga tergantung dari kemampuan recovery pada unit RO. Recovery unit RO bermacam-macam mulai dari 30% - 80%, namun rata-rata RO yang terdapat dipasaran memiliki nilai recovery 45%. Recovery 45% itu mengartikan bahwa air baku 100 galon akan dihasilkan 45 galon air bersih dan 55 galon air *reject*.

Terdapat 2 jenis membran *Reverse Osmosis* (RO) yaitu *Seawater Reverse Osmosis* (SWRO) dan *Breackish Water Reverse Osmosis* (BWRO). SWRO digunakan untuk mengolah air dengan rentang TDS 10.000 – 60.000 mg/liter. BWRO digunakan untuk mengolah air dengan rentang TDS 1.000 – 10.000 mg/liter (Mickley, 2001). Beberapa membran ketika dioperasikan dalam kondisi yang sesuai dengan standar (32.000 mg/liter NaCl, 5,5 MPa, 25 °C, pH 8 dan 8% recovery) dapat menyingkirkan kandungan garam 99,7 – 99,8% (Reverberi dan Gorenflo, 2007).

Sebuah instalasi RO beroperasi dengan menggunakan energi listrik untuk menghasilkan tekanan yang dibutuhkan untuk mendorong air melewati membran melalui pompa bertekanan tinggi dan juga beberapa pengolahan pendahuluan lainnya. Instalasi RO dengan *water recovery* sebesar 25% pada umumnya beroperasi pada tekanan sebesar 69 bar. Pada saat digunakan pompa dengan efisiensi sebesar 60% akan membutuhkan energi listrik sebesar 12,7 Kwh/m<sup>3</sup> (tanpa energi recovery). Sedangkan instalasi RO dengan kapasitas 6 mgd (263 L/detik) dengan TDS 50.000 ppm mengkonsumsi sekitar 14,29 MW energy listrik dan sekitar 45,7 KJ/kg air laut (Darwish, 1987). Pembangunan instalasi RO dengan kapasitas 6 mgd membutuhkan biaya capital sebesar \$ 41.000.000 (Rp 540 miliar) dengan biaya produksi sebesar \$ 0.55/m<sup>3</sup> (Rp 7.242,95) (Khawaji, A.D, 2007).

#### 4.4 Alternatif Pengolahan dengan Teknologi EDI

*Electrodeionization* merupakan teknologi terdepan yang dapat menghasilkan *ultrapure water*. Teknologi ini merupakan gabungan dari metode *electrodialysis* dan *ion exchange*. Air akan memasuki suatu unit yang terdiri dari membran pertukaran ion, resin pertukaran ion dan juga aliran listrik. Pengolahan ini unggul karena tidak terdapat penggunaan bahan kimia dalam prosesnya dan juga membutuhkan daya listrik yang kecil yaitu  $0,25 \text{ kWh/m}^3$ . Namun daya listrik akan meningkat ketika debit menjadi dua kali lipat (Wood, 2009). Air yang dihasil merupakan air yang bebas ion dan bebas mineral. Sistem operasi unit EDI terbagi menjadi 3, yaitu: sistem batch, intermitten (terputus-putus) dan kontinu. Pada umumnya yang digunakan adalah tipe kontinu.

Kualitas air baku unit EDI terbatas pada TDS dan substansi lemah seperti  $\text{CO}_2$  dan  $\text{SiO}_2$ , selain itu air baku juga harus *free chlorine* (kadar chlorine harus  $< 0.1$ ,  $0.05$ , and  $0.025 \text{ mg/liter}$  untuk besaran konversi 80, 85 dan 95%); besi, mangan dan sulfat  $< 0.01 \text{ mg/liter}$ ; rentang pH 4 – 11; TOC  $< 0.5 \text{ mg/liter}$  and kesadahan  $< 1.0 \text{ mg/liter}$  for  $\text{CaCO}_3$  (Fedorenko, 2002). Tingkat removal EDI biasanya konstan, yaitu 95%. Sehingga, pada umumnya teknologi EDI digabungkan dengan teknologi RO. Ketika air konsentrat EDI diolah dengan menggunakan RO, maka efisiensi bisa menjadi 99% (Fedorenko, 2004). Pada umumnya, EDI bekerja optimal pada saat TDS  $< 30 \text{ ppm}$  ketika TDS lebih tinggi, maka persen removal akan turun. Teknologi ini sangat optimal untuk meremoval senyawa ion,  $\text{CO}_2$ , silika dan boron (Brian, 2005). Namun instalasi EDI pada umumnya terdiri dari standar modul, dengan output kategori rendah  $11 \text{ m}^3/\text{jam}$ , kategori sedang  $44 \text{ m}^3/\text{jam}$  dan kategori tinggi  $132 \text{ m}^3/\text{jam}$  (Wood, 2010). Sehingga membutuhkan parallel beberapa modul saat pengoperasiannya.

Biaya kapital untuk  $132 \text{ m}^3/\text{jam}$  dengan TDS  $24,9 \text{ ppm}$  adalah \$385.000 (Rp 5,1 miliar) atau setara dengan Rp 43,6 miliar untuk kapasitas 6 mgd ( $1136.9 \text{ m}^3/\text{jam}$ ) (Fedorenko, 2002). Pada pengoperasian RO-EDI biaya kapital untuk  $108,5 \text{ m}^3/\text{jam}$  dengan TDS  $30,5 \text{ ppm}$  sebesar \$ 1.124.816,00 (Rp 14,8 miliar) atau setara dengan Rp 155,2 miliar untuk kapasitas 6 mgd ( $1136.9 \text{ m}^3/\text{jam}$ ) (Wenten, I.G, 2013). Sedangkan untuk biaya

produksi pada umumnya sebesar \$ 0.53/m<sup>3</sup> (Rp 6.979,57) (Wood, 2010).

#### 4.5 Teknologi Terpilih

Alternatif tersebut akan dipilih berdasarkan tingkat efisiensi dari beberapa aspek yang meliputi: kebutuhan lahan, kualitas produksi, energi listrik yang dibutuhkan dan biaya produksi. Berdasarkan hasil pengkajian, pada tugas akhir ini dipilih teknologi *Reverse Osmosis* sebagai alternatif yang paling efisien.

Pemilihan teknologi berdasarkan penilaian poin. Poin diberikan berdasarkan urutan dari yang paling tidak direkomendasikan sampai paling direkomendasikan. Diberikan nilai dari yang terendah adalah 5, nilai sedang adalah 15 dan yang tertinggi adalah 30 poin. Poin akan dijumlahkan pada masing-masing alternatif teknologi.

Tabel 4.2 Tabel Perbandingan Teknologi Desalinasi

No	Kategori	MSF	RO	EDI
1	Kebutuhan lahan	<i>Outdoor</i>	<i>Indoor</i>	<i>Indoor</i>
		Lahan yang sangat luas karena <i>intake</i> yang sangat besar 6-8x air produksi	Air, 1.5-3 kali dari air tawar yang dihasilkan	Kapasitas terdiri dari standar modul, dengan output 11 m <sup>3</sup> /h, 44 m <sup>3</sup> /h dan 132 m <sup>3</sup> /h
		Tidak ada batas ukuran, dapat mencapai 100.000 ton/hari	Penambahan kapasitas dengan penambahan modul	Penambahan kapasitas dengan penambahan modul
	Nilai	5	30	15
2	Feed Water	Kualitas buruk tidak mempengaruhi produksi	Kekeruhan 0, logam dan organik <0,01 mg/L	Bebas klorin; besi, mangan dan sulfat < 0.01 mg/liter; rentang pH 4 – 11; TOC < 0.5mg/liter dan

No	Kategori	MSF	RO	EDI
				kesadahan < 1.0 mg/liter for CaCO <sub>3</sub>
	Nilai	30	15	5
3	Kualitas produksi	TDS outlet $\pm$ 5 mg/L. Dengan hasil yang stabil tidak tergantung <i>feed water</i>	Persen removal tidak tergantung besaran TDS, rata-rata 99%	Persen removal semakin kecil seiring dengan meningkatnya TDS
	Nilai	30	15	5
4	Daya listrik	Konsumsi listrik sekitar 4 Kwh/m <sup>3</sup> dan 285 MW/m <sup>3</sup> untuk energi panas	Sekitar 12,7 Kwh/m <sup>3</sup>	Rata-rata 0,25 kWh/m <sup>3</sup>
	Nilai	5	15	30
5	Pre treatment	Tanpa pre treatment	Filter, peremoval logam dan organik	Kombinasi alat penurun TDS (RO), peremoval logam, organik, klorin dan kesadahan
	Nilai	30	15	5
6	Biaya	Kapasitas 6 mgd (1136.9 m <sup>3</sup> /jam), kapital dan produk sebesar Rp 1,1 triliun dan Rp 7.690,70/m <sup>3</sup>	Kapasitas 6 mgd (1136.9 m <sup>3</sup> /jam), kapital dan produk sebesar Rp 540 miliar dan Rp 7.242,95/m <sup>3</sup>	Kombinasi RO-EDI untuk kapasitas 6 mgd (1136.9 m <sup>3</sup> /jam), kapital dan produk sebesar Rp 155,2 miliar dan Rp 6.979,57
	Nilai	5	15	30

No	Kategori	MSF	RO	EDI
7	Kualitas <i>reject water</i>	Tidak dapat dimanfaatkan, mengandung semua pengotor air	Dapat dimanfaatkan	Tidak dapat dimanfaatkan, mengandung pengotor logam
	Nilai	5	30	15

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa total nilai untuk teknologi MSF sebesar 110, untuk teknologi RO sebesar 135, sedangkan untuk teknologi EDI sebesar 105. Nilai tertinggi jatuh pada teknologi Reverse Osmosis.

Perencanaan ini memilih *Reverse Osmosis* (RO) sebagai teknologi yang terpilih. Karena biaya yang mahal untuk desalinasi dapat ditutupi dengan hasil jual *reject water* yang dimanfaatkan sebagai produk garam murni dan air nigari.

MSF tidak cocok untuk Kota Surabaya yang padat, karena membutuhkan *intake* dengan debit yang sangat besar. Energi panas yang dibutuhkan sangat besar sehingga tidak cocok untuk produsen air, lebih cocok digunakan untuk industri yang menghasilkan energi panas sebagai hasil samping proses produksi. Selain itu, tingginya biaya kapital tidak dapat ditutupi hanya dengan harga jual air hasil produksi. Air produksi akan terjual dengan sangat mahal. Sedangkan EDI, terdapat banyak syarat kualitas sebelum memasuki unit. Sehingga perlu pre-treatment yang kompleks. Kinerja unit akan optimal ketika digabungkan dengan RO. RO dapat diposisikan sebagai pretreatment maupun post treatment. Namun ketika RO menjadi pretreatment, RO akan tersumbat oleh logam yang terkandung dalam air baku. Ketika RO menjadi post treatment, maka logam akan tersingkir pada proses EDI namun air konsentrasinya tidak dapat dimanfaatkan sebagai penunjang finansial karena mengandung logam berat yang berbahaya buat tubuh. Air yang diproduksi juga dalam kategori *ultrapure water*, sehingga untuk suplai kebutuhan air minum perkotaan kurang tepat.

Pengolahan menggunakan RO memiliki beberapa persyaratan, yaitu kekeruhan 0, kandungan organik dan logam < 0,1 mg/L, tidak terdapat warna dan pH normal. Sehingga,

instalasi ini membutuhkan pre-treatment, karena masih terdapat kekeruhan serta kandungan organik dan logam yang terkandung dalam data kualitas air baku. Air yang akan masuk pada instalasi RO tidak mengandung logam berat dan organik, murni hanya kandungan garam. Sehingga dapat dimanfaatkan sebagai produk sampingan yang dapat menambah pemasukan dan menekan biaya produksi.

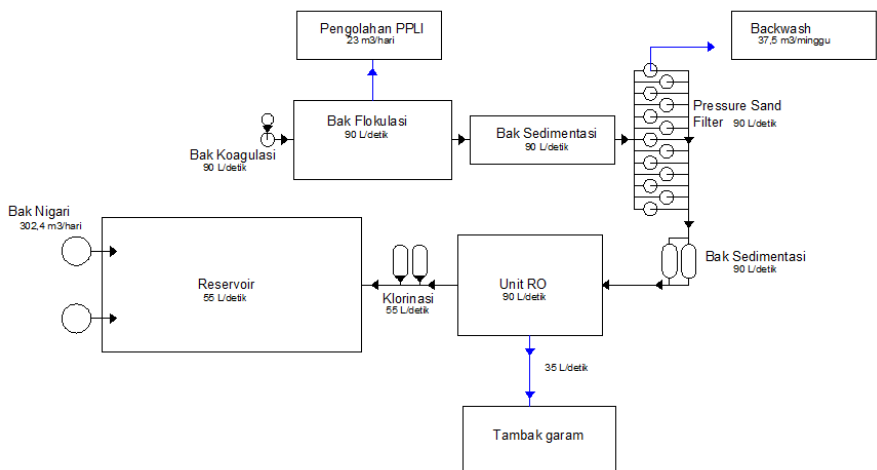
#### **4.5.1 Pre-treatment**

Air baku diambil melalui *horizontal beach-well*. Sehingga air yang dihasilkan lebih jernih daripada air permukaan. Air baku akan memasuki pipa melalui infiltrasi galeri pada pipa sadap *intake* dengan melalui filtrasi alam pasir pantai, serta *filtration layer* yang terdiri dari gravel. Air tersebut dikumpulkan pada *collection well* yang kemudian dipompa menuju unit koagulasi dan flokulasi untuk pembubuhan kapur, sehingga kandungan logam pada air baku akan mengendap pada *settling tank* untuk mencegah terjadinya penggerakan pada membran. Setelah dari *settling tank*, air laut akan dialirkan menuju unit sand filter untuk mengurangi kekeruhan dan kandungan zat organik. Selanjutnya akan dialirkan menuju ke filter karbon aktif guna menghilangkan zat organik yang tersisa untuk mencegah terjadinya *biofouling* pada membran. Tanpa adanya penambahan zat kimia pada pengolahan air baku ini, maka dihasilkan garam murni tanpa tercemar zat kimia. Sehingga hasil *reject water* dapat dimanfaatkan sebagai produk garam murni dan nigari yang aman untuk dikonsumsi.

#### **4.5.2 Unit Pengolahan Utama**

Pengolahan utama pada tugas akhir ini akan digunakan *Reverse Osmosis* (RO) sesuai dengan hasil pengkajian pada tabel 5.2. TDS pada air baku sebesar 33960 ppm, sehingga akan digunakan membran *Seawater Reverse Osmosis* (SWRO). Perhitungan jumlah modul RO yang dibutuhkan tergantung pada besaran TDS yang hendak disingkirkan. Rata-rata efisiensi SWRO dalam meremoval TDS sebesar 99%, sehingga air produk (*permeate water*) memiliki TDS < 500 ppm dan telah memenuhi baku mutu yang diperbolehkan sebagai air minum.

Air yang akan memasuki unit pengolahan utama adalah air yang telah bebas dari kekeruhan, kandungan organik serta kandungan logam, sehingga unit SWRO sepenuhnya menyingkirkan garam dari air baku. *Reject water* atau konsentrat yang dihasilkan sebagai hasil sampingan dari *permeate water* hanya mengandung garam yang bebas dari pengotor dan bahan kimia, sehingga akan dimanfaatkan menjadi garam murni dan nigari untuk memberi pemasukan keuangan guna menekan biaya produksi air minum yang dihasilkan.



**Gambar 4.1 Diagram Rencana Pengolahan**

#### 4.5.3 Post-treatment

*Permeate water* hasil dari SWRO adalah air demineralisasi (tanpa kandungan mineral). Oleh karena itu akan ada proses penambahan mineral pada air produksi dengan menambahkan nigari hasil dari produk sampingan SWRO, karena nigari mengandung berbagai macam mineral yang dibutuhkan oleh tubuh.

*Permeate water* juga akan diinjeksi dengan klor sebagai proses terakhir pengolahan yaitu proses desinfeksi karena air produksi akan didistribusikan melalui pipa. Senyawa klor ini



merupakan pengaman terhadap mikroorganisme pathogen selama proses distribusi.



**Gambar 4.2 Rencana Lokasi Instalasi Pengolahan di Daerah Pantai Kenjeran Lama**

#### 4.6 Perhitungan Mass Balance

Pada perencanaan ini, akan dikondisikan bahwa air baku yang memasuki *Reverse Osmosis* (RO) adalah air yang bebas dari kekeruhan, zat organik dan logam berat. Sehingga pada perhitungan *mass balance* ini total pengotor yang akan diremoval adalah total dari kekeruhan (TSS), zat organik dan logam total.

**Tabel 4.3 Mass Balance Total Pengotor**

Unit	% Removal	Input		Output	
Filter 1	30%	31.9	mg/L	22.3	mg/L
Koagulasi + flokulasi	0%	22.3	mg/L	22.3	mg/L
Sedimentasi	75%	22.3	mg/L	5.6	mg/L

Unit	% Removal	Input		Output	
Filter 2	60%	5.6	mg/L	2.2	mg/L
Karbon aktif	98%	2.2	mg/L	0.0	mg/L

## 4.7 Perhitungan Dimensi Teknologi Terpilih

### 4.7.1 Intake

Bangunan air baku ini diambil dengan model *intake* berupa *horizontal beach-well*. Salah satu model *seawater intake* kategori *subsurface*. *Intake* ini menggunakan sumur dangkal dengan pipa lateral berlubang (*perforated pipe*) yang menangkap air baku dari rembesan pasir di laut. Pipa infiltrasi ini terbuat dari bahan *stainless steel* yang tahan karat dengan terdapat lubang-lubang kecil pada permukaannya. Sehingga kecepatan air masuk pipa merupakan kecepatan infiltrasi dari tanah. Selain infiltrasi alami oleh pasir pantai, pada bagian pipa lateral juga dibuat filter dengan kerikil berdiameter 3-5 cm setebal 1,2 meter pada bagian atas dan juga bawah pipa sadap.

*Intake* terdiri dari 2 bagian, yaitu: infiltrasi galeri dan sumur pengumpul. Infiltrasi galeri merupakan kumpulan-kumpulan dari pipa lateral. Sumur pengumpul (*caisson*) adalah muara dari semua pipa lateral yang terbuat dari beton tebal. Pada sumur tersebut terdapat pompa *submersible* yang memompa air menuju unit pengolahan.

Debit dari bangunan ini tergantung pada kecepatan aliran air terhadap pasir yang ada di pantai. Jenis tanah di Pantai Kenjeran Surabaya adalah tanah pasir berlempung yang memiliki kecepatan infiltrasi  $>127,102$  cm/jam (Budianto, 2014). Ketinggian air pada sumur pengumpul merupakan ketinggian muka air dalam tanah. Ketinggian tersebut dapat dilihat dari kedalaman air pada sumur penduduk ( $\pm 5$  meter).

Pedoman yang digunakan dalam mendesain bangunan *intake* ini adalah buku *Assessing Seawater Intake System for Desalination Plants* oleh Erin D. Mackey, dkk yang dicetak oleh Water Research Foundation tahun 2011. Berikut ini merupakan dimensi dari perhitungan bangunan *intake*:

Debit *intake* = 90 L/detik  
= 0,09 m<sup>3</sup>/detik  
Jumlah sumur = 2 unit

$$Q \text{ tiap sumur} = 0,045 \text{ m}^3/\text{s}$$

Kedalaman sumur berada dalam rentang antara 9-46 meter dengan diameter antara 3-9 meter. Ketebalan *caisson* tergantung pada kuat tidaknya arus ombak pantai serta besaran debit *intake* (46-91 cm). Sehingga bangunan sumur akan tetap kokoh (Mackey et al, 2011).

$$\text{Kedalaman (h)} = 10 \text{ meter}$$

$$v \text{ infiltrasi} = 150 \text{ cm/jam}$$

$$= 0,0004167 \text{ m/s}$$

$$D \text{ caisson pakai} = 3 \text{ meter}$$

$$\text{Tebal caisson} = 70 \text{ cm}$$

$$D \text{ inner caisson} = 3 - (2 \times 0,7)$$

$$= 1,6 \text{ meter}$$

$$\text{Keliling D shaft pump} = 3,14 \times \text{Diameter}$$

$$= 3,14 \times 1,6$$

$$= 5,024 \text{ meter}$$

$$= 502,4 \text{ cm}$$

$$A \text{ diameter shaft} = 2,010 \text{ m}^2$$

Volume yang dapat ditampung oleh sumur pengumpul adalah luas permukaan diameter shaft dikali dengan ketinggian air yang sejajar dengan ketinggian muka air dalam tanah. Pada garis itu, air akan mencapai kesetimbangan dan dapat secara konstan dipompa menuju instalasi pengolahan.

$$\text{Volume shaft} = L_p \times (h-5)$$

$$= 10,048 \text{ m}^3$$

Setelah didapatkan dimensi sumur pengumpul, akan ditentukan diameter pipa infiltrasi. Diameter pipa infiltrasi ini antara 20-30 cm dan panjang maksimal 91 meter, tergantung pada besaran debit yang akan diambil (Mackey et al, 2011). Total diameter pipa infiltrasi harus mencukupi untuk ditanam pada dinding sumur pengumpul. Namun direncanakan hanya 65% dari bagian sumur pengumpul dipasang pipa infiltrasi yang mengarah ke laut. Hal ini dikarenakan air yang diambil agar tidak terlalu mendekati pantai sehingga air yang terhisap lebih banyak.

$$\text{Luas area tangkapan} = \text{Debit} \div \text{kecepatan infiltrasi}$$

$$= 108 \text{ m}^2$$

$$\text{Diameter pakai} = 20-30 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.3 \quad \text{m} \\
 \text{Keliling} &= 3,14 \times \text{Diameter pakai} \\
 &= 0,94 \quad \text{m} \\
 \text{P pipa lateral} &= 50 \quad \text{m} \\
 \text{Lp pipa} &= \text{Keliling pipa} \times \text{panjang pipa} \\
 &= 0,94 \times 50 \\
 &= 47,1 \quad \text{m}^2 \\
 \% \text{ lubang pipa} &= 40\% \\
 \text{A lubang pipa} &= 40\% \times 47,1 \\
 &= 18,84 \quad \text{m}^2 \\
 \text{Jumlah pipa (n)} &= \text{Luas area tangkapan} : \text{A lubang pipa} \\
 &= 6 \text{ pipa lateral} / \text{sumur} \\
 \text{Kebutuhan pipa} &= n \times \text{panjang pipa} \times \text{jumlah sumur} \\
 &= 6 \times 50 \times 2 \\
 &= 600 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Saat air telah berkumpul pada sumur pengumpul, air baku akan dipompa menuju ke unit pengolahan selanjutnya. Pompa yang digunakan adalah pompa *submersible*, sehingga pompa ini tidak memiliki *head suction*, namun memiliki *head discharge* yang sangat besar. Kecepatan air dalam pompa direncanakan sebesar 1,5 m/detik. Berikut perhitungan pompa pada *intake*:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah pompa} &= 2 \text{ unit} \\
 \text{Q pompa} &= Q \text{ intake} \\
 &= 0.045 \quad \text{m}^3/\text{detik} \\
 v \text{ pompa} &= 15 \quad \text{m/detik} \\
 \text{A pipa} &= \text{Debit intake} \div v \text{ pompa} \\
 &= 0,03 \quad \text{m}^2 \\
 \text{Diameter} &= \sqrt{\frac{4 \times A}{3,14}} \\
 &= \sqrt{\frac{4 \times 0,03}{3,14}} \\
 &= 0,195 \quad \text{m} \\
 \text{Diameter pakai} &= 203,4 \quad \text{mm}
 \end{aligned}$$

Digunakan pipa yang ada dipasaran yang memenuhi standar SNI dengan diameter 203,4 mm memiliki *outer diameter* 225 mm dengan ketebalan 1,8 mm.

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,2034^2 \\ &= 0,03 \text{ m}^2 \\ &\quad Q \text{ air} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ cek} &= \frac{A \text{ dia pakai}}{0,045} \\ &= \frac{0,03}{1,39} \text{ m/s} \end{aligned}$$

Kemudian dihitung *headloss* saat proses pemompaan berlangsung dengan koefisien kekasaran pipa jenis PVC adalah 150.

$$H_{\text{statis}} = 5 \text{ meter}$$

$$\begin{aligned} L \text{ discharge} &= \text{Panjang pipa ke unit koagulasi} \\ &= 5 + 150 \text{ meter} \\ &= 155 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_f \text{ discharge} &= \left( \frac{Q_{\text{intake}}}{0,2875 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\ &= \left( \frac{0,045}{0,2875 \times 150 \times 0,2034^{2,63}} \right)^{1,85} \times 155 \\ &= 1,096 \text{ m} \end{aligned}$$

Kemudian dihitung *headloss* minor yang dihasilkan:

$$\begin{aligned} \text{Head velocity} &= \frac{v^2}{2g} \\ &= \frac{1,4^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{fm belokan (1 buah)}} &= \frac{v^2}{2g} \times k \times \text{jumlah belokan} \\ &= 0,1 \times 0,4 \times 12 \\ &= 0,5 \text{ m (k = 0,4)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{fm valve (1 buah)}} &= \frac{v^2}{2g} \times k \times \text{jumlah valve} \\ &= 0,1 \times 0,3 \times 3 \\ &= 0,094 \text{ m (k = 0,3)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Total } H_f \text{ minor losses} &= \text{Head velocity} + \text{head belokan} + \text{head valve} \\
&= 0,7 \quad \text{m} \\
H_f \text{ total} &= H_{\text{statis}} + H_f \text{ mayor} + H_f \text{ minor} + \text{elevasi lokasi instalasi} \\
&= 5 + 1,096 + 0,7 + 2,5 \\
&= 9,297 \quad \text{m}
\end{aligned}$$

Sehingga digunakan pompa *Submersible* untuk groundwater Merk Grundfos Tipe SP 125-A dengan jumlah pompa masing-masing sumur adalah 2 unit. 1 unit beroperasi dan 1 unit cadangan. Spesifikasi pompa yang digunakan terlampir pada lampiran.

Direncanakan pipa *backwash* untuk membersihkan *clogging* yang kemungkinan terjadi dalam pipa. Berikut perhitungan dimensi pipa *backwash*:

$$\begin{aligned}
\text{Debit } \textit{backwash} &= 1/3 \times Q \text{ intake tiap sumur} \\
&= 0,015 \quad \text{m}^3/\text{s} \\
\text{Waktu } \textit{Backwash} &= 15,00 \quad \text{menit} \\
\text{Volume} &= 13,50 \quad \text{m}^3 \\
\text{Kecepatan aliran} &= 2 \quad \text{m/s} \\
\text{Luas permukaan} &= \text{Debit } \textit{backwash} \div \text{Kecepatan aliran} \\
&= 0,015 \div 2 \\
&= 0,0075 \quad \text{m}^2 \\
&= \sqrt{\frac{4 \times 0,0075}{3,14}} \\
\text{Diameter pipa} &= 0,0994 \quad \text{m}
\end{aligned}$$

Digunakan pipa yang ada dipasaran yang memenuhi standar SNI dengan diameter 99,4 mm memiliki *outer diameter* 110 mm dengan ketebalan 5,3 mm

$$\begin{aligned}
\text{Cek kecepatan aliran} &= \frac{Q}{\frac{1}{4} \pi \times D^2} \\
&= \frac{0,03}{\frac{1}{4} 3,14 \times 0,0994^2} \\
&= 1,93 \quad \text{m/s}
\end{aligned}$$

#### 4.7.2 Koagulasi Mekanik

Air baku langsung dipompa menuju unit *flash mix* (koagulasi mekanik). Sebelum air baku mengalami proses pengadukan mekanis, air baku akan dibubuhi dengan kapur untuk menurunkan kekeruhan dan logam yang terkandung dalam air baku.

Pemberian dosis kapur harus dengan kadar yang tepat, agar ion logam yang akan dimanfaatkan untuk nigari tidak mengendap. Ion mineral yang terkandung dalam nigari adalah K, Na, Cl, SO<sub>4</sub>, Mg dan Ca. Ion mineral pada nigari yang dapat mengendap pada kondisi basa adalah Ca dan Mg. Secara teori, nilai Ksp (hasil kali kelarutan) Ca dan Mg pada hidroksida lebih besar daripada logam timbal ( Ksp timbal =  $4 \times 10^{-15}$ , Ksp Ca =  $6 \times 10^{-6}$ , Ksp Mg  $1,8 \times 10^{-11}$ ), sehingga logam timbal akan lebih mudah mengendap dibanding dengan Ca maupun Mg. Sehingga perlu dilakukan perhitungan untuk menentukan pada pH berapa timbal akan mengendap.

Kadar timbal	=	1,2866	mg/l
	=	0,0012866	gram/l
Mr	=	207,19	
Molar	=	$6,2 \times 10^{-6}$	M
$[Pb^{2+}] [OH^-]^2$	=	Ksp $[Pb(OH)_2]$	
$6,2 \times 10^{-6} [OH^-]^2$	=	$4 \times 10^{-15}$	
$[OH^-]^2$	=	$0,64 \times 10^{-9}$	
$[OH^-]^2$	=	$6,4 \times 10^{-10}$	
$[OH^-]$	=	$2,53 \times 10^{-5}$	
$[OH^-]$	=	$5 - \text{Log } 2,53$	
pOH	=	4,6	
pH	=	9,4	

Hasil uji laboratorium didapatkan dengan penambahan kapur 50 mg/L dapat menurunkan kekeruhan sebesar 71,75%. Kekeruhan awal sebesar 12 NTU menjadi 3,39 NTU dengan pH akhir sebesar 9,5. Dengan pH 9,5 logam timbal telah mengendap, sedangkan kecenderungan Mg akan mengendap pada pH 10,7 – 11. Berikut perhitungan bak kapur:

Dosis kapur optimum	=	50	mg/L
		0.05	kg/m <sup>3</sup>
Densitas kapur (Ca(OH) <sub>2</sub> )	=	2211	kg/m <sup>3</sup>
jumlah bak	=	1	buah
Q tiap bak	=	0.09	m <sup>3</sup> /s
kadar air dalam larutan	=	95%	
kadar kapur dalam larutan	=	5%	
kadar kapur dalam larutan	=	80%	
Kebutuhan Kapur	=	Dosis × Debit	
	=	0,05 × 0.09 × 86400	
Kebutuhan kapur	=	388,8	kg/hari
Kebutuhan Kapur kadar 80 %	=	486	kg/hari
Volume kapur	=	Kebutuhan kapur/densitas	
		486 / 2211	
	=	0,22	m <sup>3</sup> /hari
Volume air pelarut	=	(95% ÷ 5%) × volume kapur	
	=	4,18	m <sup>3</sup> /hari
Volume larutan total	=	V kapur + V pelarut	
	=	0,22 + 4,18	
	=	4,4	m <sup>3</sup> /hari

Direncanakan periode pelarutan kapur adalah 2 kali dalam sehari, yaitu bertepatan pada pergantian *shift* pekerja. Sehingga volume bak tampung adalah setengah dari volume larutan total, yaitu 2,2 m<sup>3</sup>/hari. Pengadukan kapur dilakukan secara manual. Untuk mendapatkan tekanan yang sama meskipun ketinggian air dalam tangki berbeda, direncanakan terdapat selang air yang terjepit oleh penahan yang terapung. Sehingga tekanan akan tetap stabil seperti pada gambar 4.2.

Bak kapur digunakan tangki air Merk Penguin tipe TB 220 dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Kapasitas = 2250 Liter
- Diameter = 1,440 meter
- Ketinggian = 1,665 meter



- Tebal dinding = 10-12 mm

Kemudian dihitung dimensi pipa injeksi

$$\begin{aligned}
 \text{Debit} &= 0,00003 \quad \text{m}^3/\text{detik} \\
 v \text{ asumsi} &= 1 \quad \text{m/s} \\
 \text{Panjang pipa} &= 3,5 \quad \text{meter} \\
 A &= 0,00003 \div 1 \\
 &= 0,0003 \quad \text{m}^2 \\
 \text{Diameter pipa injeksi} &= \sqrt{\frac{4 \times 0,0003}{3,14}} \\
 &= 0,006 \quad \text{m} \\
 &= 6 \quad \text{mm} \\
 A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,006^2 \\
 &= 0,00003 \quad \text{m}^2 \\
 &\quad Q \text{ air} \\
 V \text{ cek} &= \frac{A \text{ dia pakai}}{0,00003} \\
 &= \frac{0,00003}{0,00003} \\
 &= 1 \quad \text{m/s}
 \end{aligned}$$

Kemudian dihitung *headloss* yang dihasilkan:

$$\begin{aligned}
 H_f &= \left( \frac{Q}{0,2875 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L_{\text{pipa}} \\
 &= \left( \frac{0,00003}{0,2875 \times 130 \times 0,006^{2,63}} \right)^{1,85} \times 3,5 \\
 &= 0,22 \quad \text{m} \\
 \text{Head velocity (Hv)} &= \frac{v^2}{2g} \\
 &= \frac{1^2}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,051 \quad \text{m} \\
 H_{fm} \text{ belokan (1 buah)} &= \frac{v^2}{2g} \times k \times \text{jumlah belokan} \\
 &= 0,051 \times 0,4 \times 1 \\
 &= 0,02 \quad \text{m (k = 0,4)} \\
 H_{fm} \text{ valve (1 buah)} &= \frac{v^2}{2g} \times k \times \text{jumlah valve}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,051 \times 0,3 \times 1 \\
 &= 0,015 \quad \text{m} \quad (k = 0,3) \\
 \text{Total } H_f \text{ minor losses} &= 0,036 \quad \text{m} \\
 \text{Headloss Total} &= H_f + H_f \text{ minor losses} \\
 &= 0,255
 \end{aligned}$$

Kemudian dihitung dimensi bak koagulasi dengan standar kriteria menggunakan Reynold (1998). Ditentukan waktu detensi dan gradient kecepatan pengadukan berdasarkan kriteria desain.

$$\begin{aligned}
 t_d &= 20 \quad \text{detik} \quad (20-50) \\
 G &= 1000 \quad /s \quad (700-100) \\
 N &= 100 \quad \text{rpm} \quad (20-150) \\
 &= 1.67 \quad \text{rps}
 \end{aligned}$$

Dikarenakan kecepatan putaran impeller 100 rpm, maka tipe impeller yang digunakan adalah *paddle*. Dengan diameter 50-80% dari lebar bak. Direncanakan jenis *paddle* yang digunakan adalah flat *paddles* dengan 2 *blades* (*single paddle*) dengan nilai D/W adalah 4 dan nilai konstanta pengaduk untuk aliran turbulen ( $K_T$ ) adalah 2,25.

$$\begin{aligned}
 Q \text{ inlet} &= 0,09 \quad \text{m}^3/s \\
 \text{Jumlah bak} &= 2 \quad \text{unit} \\
 Q \text{ bak} &= 0,045 \quad \text{m}^3/s \\
 \text{Volume} &= 0.9 \quad \text{m}^3 \\
 \text{Kedalaman (H)} &= 1 \quad \text{m} \\
 As &= 0,9 \quad \text{m}^2 \\
 L &= P \\
 &= \sqrt{0,9} \\
 L &= 1 \quad \text{m} \\
 P &= 1 \quad \text{m} \\
 H + F_b &= 1,3 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

Kemudian dihitung kebutuhan power untuk menjalankan paddle. Berikut hasil perhitungannya:

$$\begin{aligned}
 P &= G^2 \times Vol \times \mu \\
 &= 1000^2 \times 0,09 \times 0,0008
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 744 \quad \text{N.m/s} \\
 &= 744 \quad \text{watt} \\
 \text{Efisiensi motor} &= 70\% \\
 P &= 744 \div 70\% \\
 &= 1063 \quad \text{watt} \\
 \text{Kemudian dihitung kebutuhan diameter } paddles \text{ yang dibutuhkan.} \\
 \text{Diameter} &= \left[ \frac{P}{Kt \times N^3 \rho} \right]^{1/5} \\
 &= \left[ \frac{1063}{2,25 \times 1,67^3 \times 995} \right]^{1/5} \\
 &= 0,634 \quad \text{m} \\
 &= 0,7 \quad \text{m} \\
 \text{Nre} &= \frac{D^3 \times N \times \rho}{\mu} \\
 &= \frac{0,7^3 \times 1,67 \times 995}{0,0008} \\
 &= 982.567,5 > 10000
 \end{aligned}$$

Dikarenakan Nre melebihi 10.000, maka aliran yang dihasilkan adalah turbulen sehingga memenuhi kriteria desain.

#### 4.7.3 Flokulasi

Unit setelah koagulasi adalah flokulasi. Tujuan pengadukan lambat ini adalah untuk menghasilkan putaran air secara perlahan sehingga terjadi kontak antar partikel untuk membentuk partikel (flok) yang berukuran besar. Pengadukan pada unit ini berjalan secara hidrolis, yaitu pengadukan yang memanfaatkan aliran air sebagai tenaga pengadukan. Flokulator ini menggunakan 3 kompartemen (Masduqi,2012) :

- G kompartemen 1 = 50 /detik (nilai terbesar)
- G kompartemen 2 = 20 /detik (40% G kompartemen 1)
- G kompartemen 3 = 10 /detik nilai terkecil

Waktu pengadukan untuk penurunan logam berat adalah 15-30 menit, sehingga dipilih 15 menit (900 detik) untuk masing-masing kompartemen karena kadar logam yang diturunkan tidak terlalu besar.

Jumlah flokulator	=	2	buah
Debit	=	90	L/s
	=	0,09	m <sup>3</sup> /s
Q tiap bak	=	45	L/s
	=	0,045	m <sup>3</sup> /s
Kedalaman	=	1,2	m
fb	=	0,3	m
Kedalaman + fb	=	1,5	m
td total	=	Total Td 3 kompartemen	
	=	2700	Detik
Volume total bak	=	Q × td total	
	=	0,045 × 2700	
	=	121,5	m <sup>3</sup>
Luas penampang total	=	Vol total ÷ h	
		121,5 ÷ 1,2	
	=	101,25	m <sup>2</sup>
panjang : lebar	=	2	: 1
Lebar	=	7,1	m
panjang	=	14,2	m
lebar tiap kompartemen	=	2,4	m
lebar	=	7,1	m
kedalaman + fb	=	1,5	m

Perhitungan dilakukan untuk masing-masing kompartemen. Kompartemen 1 direncanakan jarak ujung baffle dengan dinding bak adalah 0,75 meter. Kompartemen 2 adalah 0,9 meter dan kompartemen 3 adalah 1,1 meter. Masing-masing kompartemen memiliki koefisien gesek sekat dinding kanal sebesar 0,3.

Kompartemen 1:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah baffle (n)} &= \left\{ \left[ \frac{2 \times \mu \times Td}{\rho(1,44 + f)} \right] \left[ \frac{H \times Panjang \times G}{Q} \right]^2 \right\}^{1/3} \\
 &= \left\{ \left[ \frac{2 \times 0,0008 \times 900}{995(1,44 + 0,3)} \right] \left[ \frac{1,2 \times 14,2 \times 50}{0,045} \right]^2 \right\}^{1/3}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 67 \quad \text{buah} \\
 \text{Jarak baffle (bl)} &= \frac{\text{Panjang}}{(\text{jumlah baffle} + 1)} \\
 &= \frac{14,2}{(67 + 1)} \\
 &= 0,21
 \end{aligned}$$

Kemudian dihitung *headloss* pada kompartemen 1.

$$\begin{aligned}
 \text{Headloss (Hf)} &= \frac{\mu \times Td}{\rho \times g} G^2 \\
 &= \frac{0,0008 \times 900}{995 \times 9,81} 50^2 \\
 &= 0,184 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Kompartemen 2:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah baffle (n)} &= \left\{ \left[ \frac{2 \times \mu \times Td}{\rho(1,44 + f)} \right] \left[ \frac{H \times \text{Panjang} \times G}{Q} \right]^2 \right\}^{1/3} \\
 &= \left\{ \left[ \frac{2 \times 0,0008 \times 900}{995(1,44 + 0,3)} \right] \left[ \frac{1,2 \times 14,2 \times 20}{0,045} \right]^2 \right\}^{1/3} \\
 &= 36 \quad \text{buah} \\
 \text{Jarak baffle (bl)} &= \frac{\text{Panjang}}{(\text{jumlah baffle} + 1)} \\
 &= \frac{14,2}{(36 + 1)} \\
 &= 0,38
 \end{aligned}$$

Kemudian dihitung *headloss* pada kompartemen 2.

$$\begin{aligned}
 \text{Headloss (Hf)} &= \frac{\mu \times Td}{\rho \times g} G^2 \\
 &= \frac{0,0008 \times 900}{995 \times 9,81} 20^2 \\
 &= 0,03 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Kompartemen 3:

$$\text{Jumlah baffle (n)} = \left\{ \left[ \frac{2 \times \mu \times Td}{\rho(1,44 + f)} \right] \left[ \frac{H \times \text{Panjang} \times G}{Q} \right]^2 \right\}^{1/3}$$

$$\begin{aligned}
&= \left\{ \left[ \frac{2 \times 0,0008 \times 900}{995(1,44 + 0,3)} \right] \left[ \frac{1,2 \times 14,2 \times 10^2}{0,045} \right]^2 \right\}^{1/3} \\
&= 23 \text{ buah} \\
&= \frac{\text{Panjang}}{(\text{jumlah baffle} + 1)} \\
\text{jarak baffle (bl)} &= \frac{14,2}{(23 + 1)} \\
&= 0,6
\end{aligned}$$

Kemudian dihitung *headloss* pada kompartemen 3.

$$\begin{aligned}
\text{Headloss (Hf)} &= \frac{\mu \times Td}{\rho \times g} G^2 \\
&= \frac{0,0008 \times 900}{995 \times 9,81} 10^2 \\
&= 0,0074 \text{ meter}
\end{aligned}$$

$$\text{Total headloss} = 0,2214 \text{ meter}$$

Sehingga didapat selisih muka air inlet dan outlet adalah 0,2214 meter.

#### 4.7.4 Sedimentasi

Pada saat terdapat flok-flok besar yang dihasilkan dari proses pengadukan lambat, flok tersebut akan diendapkan pada unit sedimentasi. Perhitungan sedimentasi diperlukan data laboratorium untuk mengetahui kecepatan pengendapan dengan variabel waktu dan kedalaman yang nantinya akan menghasilkan % efisiensi removal suatu unit sedimentasi. Namun, untuk perencanaan ini, digunakan data waktu detensi 95 menit dengan surface loading atau kecepatan pengendapan ( $V_s$ ) adalah 0,0006 m/s (Marlianti, 2008). Data tersebut dapat mencapai % removal sebesar 70%.

Pada perencanaan ini digunakan settling tipe II yaitu pengendapan partikel flokulen, terjadi interaksi antar partikel sehingga ukuran meningkat dan kecepatan pengendapan bertambah. Bak sedimentasi direncanakan berbentuk segi empat, sehingga umumnya memiliki kedalaman lebih dari 1,8 dengan lebar 1-5 hingga 6 meter, panjang bak dapat mencapai 76 meter dan tipikal rasio panjang : lebar antara 2 : 1 – 3 : 1 (Reynold,

1996). Rasio lebar : kedalaman antara 3 : 1 – 6 : 1 (Kawamura,1991).

$$\begin{aligned}
 \text{Debit air} &= 0,09 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 \text{Jumlah bak} &= 2 \text{ unit} \\
 \text{Debit bak} &= 0,045 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 \text{Volume bak (V)} &= Q \times t_d \\
 &= 0,045 \times 5700 \\
 &= 256,5 \text{ m}^3 \\
 \text{Panjang} &= 3 \text{ Lebar} \\
 \text{Kedalaman bak} &= \frac{1}{4} \text{ Lebar} \\
 \text{Volume} &= L^3 \\
 L &= \sqrt[3]{256,5/3} \\
 &= 7 \text{ meter} \\
 P &= 21 \text{ meter} \\
 H &= 1,8 \text{ meter} \\
 H + F_b &= 2.1 \text{ meter} \\
 V_h &= \frac{Q}{H \times L} \\
 &= \frac{0,045}{1.7 \times 7} \\
 &= 0,004
 \end{aligned}$$

Dilakukan cek bilangan Reynold dan kontrol scouring. Kecepatan horizontal ( $V_h$ ) <  $V_{sc}$  akan menghindarkan pada kondisi penggerusan bak. Besar densitas air ( $\rho$ ) adalah 996 Kg/m<sup>3</sup>, viskositas absolut ( $\mu$ ) sebesar 0,0008004 Kg/m.detik, viskositas kinematis ( $\nu$ ) adalah 0.000000804 m<sup>2</sup>/detik. K sebesar 0,04 dan f sebesar 0,03 (Masduqi, 2012). Sedangkan untuk specific gravity partikel sebesar 1.020 (Metcalf, 2004).

$$\text{Diameter partikel (Dp)} = \frac{(18 \times V_s \times \nu)^{1/2}}{(g \times (S_g - 1))^{1/2}}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{(18 \times 0,0006 \times 0,000000804)^{1/2}}{(9,81 \times (1,020 - 1))^{1/2}} \\
&= 0,0002 \text{ m} \\
&= 0,02 \text{ cm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_{sc} &= \left( \frac{8k \times (Sg - 1) \times g \times Dp}{f} \right)^{1/2} \\
&= \left( \frac{8 \times 0,04 \times (1,020 - 1) \times 9,81 \times 0,0002}{0,03} \right)^{1/2} \\
&= 0,02 \text{ m/detik}
\end{aligned}$$

$V_h < V_{sc}$  sehingga memenuhi dan tidak terjadi penggerusan pada bak sedimentasi.

$$\begin{aligned}
\text{Jari-jari hidrolis (R)} &= \frac{L \times H}{L + 2H} \\
&= \frac{7 \times 1,8}{7 + (2 \times 1,8)} \\
&= 1,5 \text{ meter} \\
\text{Nre aliran} &= \frac{V_h \times R}{\nu} \\
&= \frac{0,003 \times 1,5}{0,000000804} \\
&= 6826,5
\end{aligned}$$

$Nre > 2000$  sehingga aliran ini berbentuk turbulen dan tidak cocok untuk bak sedimentasi yang membutuhkan aliran laminar untuk mengendapkan partikel. Sehingga akan direncanakan penggunaan plate settler untuk membuat aliran laminar dan dinding baffle untuk mengarahkan air kearah bawah sehingga dapat mengoptimalkan penggunaan settler.

Settler yang digunakan berbentuk tube. Panjang tube settler yang digunakan adalah 1 meter dengan ketebalan 1 mm. Jarak antar settler (w) 0,1 meter. Sudut pemasangan adalah  $45^\circ$  (Reynolds, 1996).



$$\begin{aligned}
V_h/V_s &= \frac{1}{w} \cos \theta + \sin \theta \\
V_h &= V_s \left[ \frac{1}{w} \cos \theta + \sin \theta \right] \\
&= 0,0006 \left[ \frac{1}{0,1} 0,707 + 0,707 \right] \\
&= 0.00467 \\
Q_{slot} &= V_h \times w \times \text{Lebar bak} \\
&= 0.00467 \times 0,1 \times 6,5 \\
&= 0.00303 \text{ m}^3/\text{detik} \\
N_{slot} &= Q_{bak} \div Q_{slot} \\
&= 0,045 \div 0.00303 \\
&= 16 \\
\text{Panjang zona settler} &= (N_{slot} \times \text{jarak}) + (N_{slot} \times \text{tebal}) \\
&= (16 \times 0,1) + (16 \times 0,1) \\
&= 1.7 \text{ m} \\
N_{re} &= \frac{Q_{slot}}{v \times 2 (w + \text{lebar bak})} \\
&= \frac{0.00280}{0,000000804 \times 2 (0,1 + 6,5)} \\
&= 285.825
\end{aligned}$$

$N_{re} < 2000$  sehingga terjadi aliran laminar yang optimal untuk proses pengendapan.

$$\begin{aligned}
N_{fr} &= \frac{V_s \times dp}{v} \\
&= \frac{0.0006 \times 0.0002}{0,000000804} \\
&= 0,157
\end{aligned}$$

$N_{fr} > 10^{-5}$  sehingga tidak akan terjadi short circuit (aliran pendek) dalam unit. Kemudian dihitung ruang lumpur dengan efisiensi removal 70% . Sedangkan konsentrasi partikel 31,87

mg/L yang akan diendapkan dengan kebutuhan kapur pada bak koagulasi adalah 486 Kg/hari.

$$\begin{aligned}
 \text{SS awal} &= 31.87 && \text{mg/L} \\
 \rho_{\text{ss}} &= 1200 && \text{kg/m}^3 \\
 \rho_{\text{kapur}} &= 2211 && \text{kg/m}^3 \\
 \text{Konsentrasi partikel} &= 31,87 && \text{mg/L} \\
 \text{SS tiap bak} &= \text{konsentrasi} \times Q \text{ bak} \\
 &= 31,87 \text{ mg/L} \times 45 \text{ L/s} \\
 &= 1434.213 && \text{mg/s} \\
 &= 123.92 && \text{kg/hari} \\
 \text{Keb kapur per bak} &= 243 && \text{kg/hari} \\
 \text{SS awal} &= \text{SS tiap bak} + \text{kebutuhan kapur} \\
 &= 123.92 + 243 \\
 &= 366.92 && \text{kg/hari} \\
 \text{Produksi lumpur} &= \text{efisiensi removal sed} \times \text{SS awal} \\
 &= 0,7 \times 366.92 \\
 &= 256.84 && \text{kg/hari} \\
 \text{Kadar solid dalam lumpur adalah 5\%. Sedangkan 95\% lainnya} &&& \\
 \text{adalah kadar air (Metcalf,2004).} &&& \\
 \text{Berat lumpur} &= \text{SS awal} \div \text{kadar solid} \\
 &= 366,92 \times 0,05 \\
 &= 256.84 && \text{kg/hari} \\
 \% \text{ berat kapur} &= \frac{\text{Kebutuhan kapur}}{\text{berat total lumpur}} \times 100\% \\
 &= \frac{243}{256,84} \times 100\% \\
 &= 2,3 \% \\
 \rho_{\text{lumpur}} &= (\rho_{\text{ss}} \times 5\%) + (\rho_{\text{kapur}} \times 2,3) \\
 &= 133 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume lumpur} &= \frac{\text{Produksi lumpur}}{(\% \text{ ss} + \% \text{ kapur}) \times \rho \text{ lumpur}} \\
 &= \frac{256.84}{(5\% + 2,3\%) \times 133} \\
 &= 23 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Ruang lumpur berbentuk trapesium dengan sisi bawah  $6 \times 3$  dan sisi atas  $10 \times 7$ . Dengan penyedotan lumpur dilakukan setiap hari.

$$\begin{aligned}
 \text{A sisi bawah (A1)} &= 6 \times 3 \\
 &= 18 \text{ m}^2 \\
 \text{A sisi atas (A2)} &= 10 \times 7 \\
 &= 70 \text{ m}^2 \\
 \text{Volume ruang lumpur} &= 23 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= \frac{3 \times V \text{ lumpur}}{(A1 + A2) + \sqrt{A1 + A2}} \\
 \text{Kedalaman} &= \frac{3 \times 23}{(18 + 70) + \sqrt{18 + 70}} \\
 &= 0,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Pengurasan menggunakan pompa sentrifugal non clogging dengan debit pemompaan  $1 \text{ m}^3/\text{menit}$  ( $0,01667 \text{ m}^3/\text{detik}$ ) sehingga waktu yang dibutuhkan untuk memompa lumpur adalah 23 menit dengan kecepatan pemompaan  $1 \text{ m}/\text{detik}$ .

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu pengurasan} &= \text{Volume lumpur} \div \text{Debit pompa} \\
 &= 23 \div 1 \\
 &= 23 \text{ menit} \\
 \text{V pipa} &= 1 \text{ m/s} \\
 \text{A} &= \text{Q lumpur} \div \text{v pipa} \\
 &= 0,01667 \div 1 \\
 &= 0,01667 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter pipa} &= \sqrt{\frac{4 \times 0,01667}{3,14}} \\
 &= 0,146 \quad \text{m} \\
 &= 144,6 \quad \text{mm} \\
 A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,1446^2 \\
 &= 0,016 \quad \text{m}^2 \\
 &\quad Q \text{ air} \\
 V \text{ cek} &= \frac{A \text{ dia pakai}}{0,016} \\
 &= \frac{0,146}{0,016} \\
 &= 1 \quad \text{m/s}
 \end{aligned}$$

Zona outlet pada bak sedimentasi ini berupa weir yang akan bermuara pada saluran pengumpul. Weir loading rate < 12,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.jam (Kawamura, 1991). Sehingga yang digunakan sebesar 0,0025 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.detik dengan lebar weir 0,5 meter, ketebalan 0,1 meter dan Cd adalah 0,6.

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang total weir} &= Q \div \text{WRL} \\
 &= 0,045 \div 0,00250 \\
 &= 18 \text{ m} \\
 \text{Lebar efektif} &= L \text{ bak} - 1 \\
 &= 7 - 1 \\
 &= 6 \text{ m} \\
 \text{Jumlah weir (n)} &= \frac{\text{Panjang total weir}}{L \text{ efektif} \times 2} \\
 &= \frac{9}{6 \times 2} \\
 &= 2 \text{ unit} \\
 \text{Lebar bak} &= (n \times b) + b(n+1) \\
 7 &= 5b \\
 \text{Lebar weir (b)} &= 1,4 \text{ meter} \\
 \text{Panjang total weir} &= (n \times b) + b(n+1) + (2n-2)l \\
 18 &= 7 \times (2n-2)l \\
 2.571 &= 2l
 \end{aligned}$$

Panjang per weir = 1,3 meter

Kedalaman air diatas weir. Weir berbentuk segi empat.

$$\begin{aligned} Q \text{ weir} &= \frac{Q \text{ bak}}{n \times 2} \\ &= \frac{0,045}{2 \times 2} \\ &= 0,01125 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ weir} &= Cd \times A \times \sqrt{2gh} \\ 0,01125 &= 0,6 (\text{Lebar efektif} \times h) \times \sqrt{2 \times 9,81 \times h} \\ H^{3/2} &= 0,0006 \\ H &= 0,00743 \text{ m} \\ &= 0,8 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kedalaman weir

$$\begin{aligned} Q \text{ weir} &= 1,375 \times \text{Lebar weir} \times H^{3/2} \\ 0,01125 &= 1,375 \times 1,4 \times H^{3/2} \\ H^{3/2} &= 0,00584 \\ H &= 0,04 \text{ m} \\ H + Fb &= 0,34 \text{ m} \end{aligned}$$

Saluran pengumpul

$$\begin{aligned} Q \text{ bak} &= 1,375 \times \text{Lebar} \times H^{3/2} \\ \text{Lebar} &= 2 \text{ Kedalaman} \\ 0,045 &= 1,375 \times 2H \times H^{3/2} \\ H^{5/2} &= 0,016 \\ H &= 0,2 \text{ m} \\ H + Fb &= 0,5 \\ L &= 2 \times H \\ &= 0,4 \text{ m} \\ A \text{ cross} &= L \times H \\ &= 0,2 \times 0,4 \\ &= 0,08 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga kecepatan aliran saluran pengumpul adalah

$$\begin{aligned} V &= Q \div A \\ &= 0,045 \div 0,08 \\ &= 0,6 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Dihitung *headloss* saluran pengumpul dengan nilai n sebesar 0,015.

$$\begin{aligned}
 \text{Jari-jari hidrolis (R)} &= \frac{L \times H}{L + 2H} \\
 &= \frac{0,4 \times 0,2}{0,4 + 2(0,2)} \\
 &= 0,07 \text{ m} \\
 \text{Slope} &= \left( \frac{v \times n}{R^{2/3}} \right)^2 \\
 &= \left( \frac{0,6 \times 0,015}{0,07^{2/3}} \right)^2 \\
 &= 0,00263 \\
 H_f &= \text{Slope} \times L \text{ bak} \\
 &= 0,00263 \times 7 \\
 &= 0,0184 \text{ m} \\
 H_v &= \frac{v^2}{2 \times g} \\
 &= \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,0161 \text{ m} \\
 H_f \text{ total} &= 0,0184 + 0,0161 \\
 &= 0,0346 \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### 4.7.5 Unit Sand Filter

Air dari bak sedimentasi akan masuk ke unit penyaringan pasir (*sand filter*). Filter pasir akan mengurangi kekeruhan pada air baku sebelum masuk pada pengolahan utama. Unit filter pada pengolahan ini digunakan tabung filter (*pressure sand filter*) yang telah dijual dipasaran dengan filter pasir silika dan kerikil sebagai penyangga. Produk yang digunakan adalah produk dari PT. Herdatama Indonesia dengan kemampuan *Flowrate* sebesar 25 m<sup>3</sup>/jam, sehingga dibutuhkan 13 tabung dengan posisi paralel pada pengolahan ini. Tekanan yang dihasilkan adalah 5 kg/cm<sup>2</sup> (50 meter H<sub>2</sub>O). Digunakan 2 *booster pump* untuk memenuhi tekanan yang dibutuhkan dengan *head* 50 meter dengan masing-masing 45 liter/detik dan 1 pompa untuk cadangan. Sehingga dimensi dari tabung tersebut adalah diameter 1,55 meter dengan

ketinggian 2 meter. Dengan pasir silika seberat 1479 Kg dan kerikil seberat 635 Kg sebagai penyangga.

Pada saat kualitas air outlet telah menurun dari yang direncanakan, maka filter perlu di *backwash*. Setidaknya 1 minggu sekali terdapat pencucian filter, sehingga umur dari tangki filter dapat bertahan lama. Lama pencucian *backwash* antara 3-15 menit (Masduqi, 2012).

$$\begin{aligned}
 Q_{bw} &= 1/3 \times Q_{\text{filter}} \\
 &= 8.3333 \quad \text{m}^3/\text{jam} \\
 &= 0.0032 \quad \text{m}^3/\text{s} \\
 \text{Waktu Backwash} &= 15.00 \quad \text{menit} \\
 &= 900 \quad \text{detik} \\
 \text{Volume tiap tabung} &= 2.88 \quad \text{m}^3 \\
 \text{Volume total} &= V_{\text{tabung}} \times n_{\text{tabung}} \\
 &= 37.5 \quad \text{m}^3
 \end{aligned}$$

Sehingga dibutuhkan 37,5 m<sup>3</sup> dalam sekali pencucian, atau 150 m<sup>3</sup> setiap bulannya. Air sisa dari *backwash* tidak mengandung logam, hanya partikel yang tidak berbahaya bagi lingkungan, sehingga air *backwash* ini dialirkan menuju ke bak pengering.

#### 4.7.6 Bak Pengering

Debit yang masuk ke bak pengering adalah debit dari pengurasan filter. Karena proses *backwash* berlangsung setiap 1 minggu sekali, maka direncanakan bak pengering sejumlah 2 bak. Sehingga masing-masing bak akan terisi 2 minggu sekali dengan waktu pengeringan maksimal 14 hari. Estimasi pengeringan 10 hari. 2-4 hari lainnya digunakan untuk pembersihan lumpur kering. Sedangkan tinggi air direncanakan 0,5 meter.

$$\begin{aligned}
 V_{\text{bak}} &= V_{\text{sekali backwash}} \\
 &= 91,5 \text{ m}^3 \\
 A_s &= V_{\text{bak}} \div H_{\text{air}} \\
 &= 91,5 \div 0,5 \\
 &= 183 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= 2 \times \text{Lebar} \\
 L &= \sqrt{\frac{A}{2}} \\
 &= \sqrt{\frac{183}{2}} \\
 &= 9,57 \text{ m} \\
 L \text{ pakai} &= 10 \text{ m} \\
 P &= 9,57 \times 2 \\
 &= 19,1 \text{ m} \\
 P \text{ pakai} &= 19 \text{ m} \\
 H \text{ total} &= H \text{ air} + F_b \\
 &= 0,5 + 0,3 \\
 &= 0,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Proses pengeringan dilakukan dengan penguapan secara alami yaitu dengan sinar matahari. Tidak digunakan filter pasir kerikil dan pipa penyalur seperti unit Sludge Drying Bed (SDB). Hal ini dikarenakan air *backwash* tidak mengandung lumpur pekat, hanya pengotor pada air bekas cuci *backwash*.

Pipa utama

$$\begin{aligned}
 \text{Volume air} &= 91,5 \text{ m}^3 \\
 \text{Lama penyaluran} &= 15 \text{ menit} \\
 &= 900 \text{ detik} \\
 Q &= V \div \text{Lama penyaluran} \\
 &= 91,5 \div 900 \\
 &= 0,102 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 V \text{ air} &= 2 \text{ m/detik} \\
 A_s &= Q \div v \\
 &= 0,102 \div 2 \\
 &= 0,0508 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 D &= \sqrt{\frac{4 \times 0,0508}{3,14}} \\
 &= 0,254 \text{ m} \\
 &= 254 \text{ mm} \quad (\text{OD} = 315 \text{ mm}) \\
 A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,254^2 \\
 &= 0,064 \text{ m}^2 \\
 &\quad Q \text{ air} \\
 V \text{ cek} &= \frac{A \text{ dia pakai}}{0,102} \\
 &= \frac{0,064}{0,102} \\
 &= 1,59 \text{ m/detik} \\
 \text{Pipa cabang} & \\
 Q &= Q \text{ pipa utama} \div \text{jumlah bak} \\
 &= 0,102 \div 2 \\
 &= 0,0508 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 V \text{ air} &= 2 \text{ m/s} \\
 As &= Q \div v \\
 &= 0,0508 \div 2 \\
 &= 0,025 \text{ m}^2 \\
 D &= \sqrt{\frac{4 \times 0,025}{3,14}} \\
 &= 0,18 \text{ m} \\
 &= 180 \text{ mm} \quad (\text{OD} = 200 \text{ mm}) \\
 A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,18^2 \\
 &= 0,025 \text{ m}^2 \\
 &\quad Q \text{ air} \\
 V \text{ cek} &= \frac{A \text{ dia pakai}}{0,0508} \\
 &= \frac{0,025}{0,0508} \\
 &= 2 \text{ m/detik}
 \end{aligned}$$

#### 4.7.7 Unit Karbon Aktif

Karbon aktif digunakan untuk menghilangkan kandungan zat-zat yang tidak dapat dibersihkan atau dihilangkan pada pengolahan sebelumnya, yaitu: bau, detergen, senyawa phenol, zat warna organik, ammonia dan zat-zat organik lainnya. Sehingga outlet dari unit ini air baku telah bersih dari zat organik yang dapat membuat unit RO terjadi *biofouling*.

Karbon aktif yang akan digunakan pada perencanaan ini adalah karbon aktif dalam bentuk granular. Karbon aktif yang digunakan berasal dari tempurung kelapa, karena murah dari segi harga namun memiliki daya serap yang tinggi yaitu dengan nilai iodine number yang hingga 1000 mg/g dengan *bulk density* 0,480 Kg/L pada spesifikasi barang yang dijual. Perencanaan ini digunakan karbon aktif lokal yang terbuat dari tempurung kelapa dengan ukuran 6-12 mesh (0,595 – 3,36 mm) dengan iodine number <800 mg/g yang lebih baik dari karbon aktif dari batubara yang memiliki iodine number 600 mg/g.

Perhitungan kebutuhan karbon aktif ini membutuhkan persamaan adopsi. Persamaan ini menggunakan hasil percobaan pada penelitian terdahulu pada pH 7 (Kusmiyati, 2012). Persamaan freundlich pada percobaan tersebut adalah  $y = 0,423x + 0,747$  dengan nilai regresi sebesar 0,984. Persamaan Langmuir pada percobaan tersebut adalah  $y = 0,204x + 0,040$  dengan regresi sebesar 0,943. Persamaan yang digunakan adalah persamaan yang memiliki nilai regresi paling mendekati 1 karena itu merupakan persamaan yang paling mendekati ideal (nilai eror lebih kecil), yaitu persamaan freundlich.

Total zat sisa dari filtrasi yang akan dihilangkan sesuai dengan tabel 4.3 adalah 2,23 mg/L. Sehingga dengan persamaan freundlich didapat jumlah dosis karbon aktif yang dibutuhkan adalah 9,6 gram tiam m<sup>3</sup> air baku. Berikut ini merupakan dimensi dari perhitungan unit karbon aktif:

$$\begin{aligned} Y &= X/M \\ &= k \times C^{1/n} \end{aligned}$$

$$\text{Log } X/M = 1/n \text{ Log } C + \text{Log } k$$

Hasil dari percobaan sebelumnya adalah  $y = 0,423x + 0,747$ . Sehingga, sesuai dengan rumus di atas, maka didapatkan bahwa nilai 1/n adalah 0,423 dan nilai n adalah 2,3641, kemudian nilai log k adalah 0,747 dan nilai k adalah 5,585.

Pada perencanaan ini akan direncanakan bahwa zat organik akan dihilangkan hingga zat organik tersisa sebesar 0,0001 mg/L. Berikut perhitungan dosis karbon yang dibutuhkan:

$$\begin{aligned}C \text{ awal } (C_0) &= 2,23 \text{ mg/L} \\C \text{ akhir } (C_1) &= 0,0001 \text{ mg/L} \\Y_0 &= 0\end{aligned}$$

Karena karbon aktif yang digunakan adalah karbon aktif baru, maka nilai  $Y_0 = 0$

$$\begin{aligned}Y_1 &= 5,585 \times 0,0001^{0,423} \\&= 0,1135 \\&= \frac{C_0 - C_1}{Y_1 - Y_0} \\ \text{Dosis karbon (Q/M)} &= \frac{2,23 - 0}{0,1135 - 0} \\&= 19,655 \text{ mg/L} \\&= 19,655 \text{ gram/m}^3\end{aligned}$$

Kemudian dihitung laju penambahan karbon aktif sesuai dengan debit yang masuk.

$$\begin{aligned}\text{Laju penambahan} &= Q \text{ inlet} \times \text{Dosis karbon} \\&= 0,09 \times 19,655 \\&= 1,7 \text{ gram/detik} \\&= 152,840 \text{ Kg/hari}\end{aligned}$$

Setelah diketahui laju penambahan, akan dihitung dimensi dari tabung karbon aktif yang akan digunakan. Karbon aktif akan diganti secara berkala saat kondisi telah jenuh. Penggantian dilakukan 2 minggu sekali. Sehingga total organik yang diserap adalah jumlah organik yang terdapat dalam debit air baku selama 2 minggu. Berikut perhitungan dimensi yang dilakukan:

$$\begin{aligned}\text{Debit 14 hari} &= 108864 \text{ m}^3 \\ \text{Keb karbon aktif} &= 152,840 \times 14 \\&= 2139,755 \text{ Kg/ 14 hari} \\ \text{Bulk density} &= 0.480 \text{ Kg/L} \\ \text{Volume bed} &= \text{Keb karbon aktif} \div \text{bulk density} \\&= 2139,755 \div 0.480 \\&= 4457,822 \text{ L} \\&= 4,458 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Volume bed adalah volume media karbon aktif. Sehingga volume wadah karbon aktif (Volume adsorb) adalah 1,5 kali dari volume bed. Hal itu dikarenakan dibutuhkannya ruang untuk ekspansi media.

$$\begin{aligned}\text{Volume adsorb} &= 1,5 && \text{Volume bed} \\ &= 6,687 && \text{m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah tabung} = 2 \quad \text{unit}$$

Tabung karbon aktif ini menggunakan tangki air Merk Penguin tipe TB 400 dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Kapasitas = 4100 Liter
- Diameter = 1,65 meter
- 
- Ketinggian = 2,114 meter
- Tebal dinding = 12-18 mm

#### 4.7.8 Bak Penampung

Sebelum menuju ke unit RO, air ditampung dalam suatu bak terlebih dahulu sebelum dipompa menuju ke unit RO. Bak didesain sederhana dengan panjang : lebar adalah 2 : 1. Dengan kedalaman 2 meter. Dibutuhkan bak yang memanjang untuk memudahkan peletakan dan kinerja pompa.

$$Q = 0,09 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\begin{aligned}T_d &= 10 \text{ menit} \\ &= 600 \text{ detik}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= 0,09 \times 600 \\ &= 54 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A &= \text{Volume} \div h \\ &= 54 \div 2 \\ &= 27 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$P = 2 \times \text{Lebar}$$

$$\begin{aligned}L &= \sqrt{\frac{A \text{ bak}}{2}} \\ &= \sqrt{\frac{27}{2}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 3,70 \text{ meter} \\
 P &= 3,7 \times 2 \\
 &= 7,4 \text{ meter} \\
 h + fb &= 2.3 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

#### 4.7.9 Unit RO

Unit utama pada perencanaan kali ini bekerja tanpa injeksi kimia. Hal ini dimaksudkan untuk menjaga *reject water* dari bahan kimia, sehingga dapat dimanfaatkan secara langsung untuk memproduksi garam dan nigari sebagai produk sampingan.

Proses ini berlangsung dalam 2 stage. Hal ini dikarenakan agar *reject water* yang dihasilkan tidak terlalu banyak, sehingga lahan yang dipergunakan untuk pengeringan garam tidak terlalu luas. RO pada *stage* yang kedua akan memiliki beban konsentrasi garam yang lebih besar daripada RO pada *stage* pertama, karena kualitas *feed water* berasal dari konsentrasi *reject water* pada *stage* pertama. Sehingga performanya % recovery akan diturunkan 5% dari *stage* pertama untuk menjaga membran agar tidak bekerja terlalu berat. Sedangkan kemampuan dalam menyingkirkan TDS adalah sebesar 99,5%.

Tabel 4.4 Keseimbangan TDS pada Unit RO

Unit	% Removal	Input	Output
RO stage 1	99.5%	33960.0 mg/L	169.8 mg/L
RO stage 2	99.5%	33790.2 mg/L	169.0 mg/L

Kualitas TDS pada air produksi telah memenuhi kriteria dari PERMENKES Nomor 420/MENKES/PER/IV/2010.

Perencanaan ini akan digunakan produk SWRO dari PT. Vegatyan Inti Prakarsa tipe Vegatyan SWTC-1000-SCUF. Unit ini mampu mengolah dengan debit 1000 m<sup>3</sup>/hari. Paket RO ini terdiri dari pompa bertekanan tinggi, pretreatment, membran beserta *housing*. Sehingga instalasi ini siap pasang.

## STAGE 1

$$\begin{aligned}
 Q \text{ feed water} &= 90 && \text{L/s} \\
 &= \frac{7776}{7776} && \text{m}^3/\text{hari} \\
 N \text{ unit RO} &= \frac{7776}{1000} \\
 &= 7,776 && \text{unit} \\
 &= 8 && \text{unit}
 \end{aligned}$$

Kemudian dihitung konsentrasi garam yang terkandung pada air produksi (*permeate water*) maupun konsentrasi garam terbuang (*reject water*). Konsentrasi garam awal pada air baku adalah 24 gram/liter.

$$\begin{aligned}
 \text{Recovery} &= 40\% \\
 Q \text{ Permeate} &= Q \text{ feed water} \times \% \text{Recovery} \\
 &= 90 \times 40\% \\
 &= 36 && \text{L/s} \\
 Q \text{ recycle} &= 90 - 36 \\
 &= 54 && \text{L/s} \\
 \text{Konsentrasi faktor} &= \frac{1}{(1 - \% \text{recovery})} \\
 &= \frac{1}{(1 - 0,4)} \\
 &= 1,67 \\
 \text{Konsentrasi stage 1} &= 24 \times 1,67 \\
 &= 40 && \text{gram/liter}
 \end{aligned}$$

## STAGE 2

$$\begin{aligned}
 Q \text{ feed water} &= 54 && \text{L/s} \\
 &= \frac{4665,6}{4665,6} && \text{m}^3/\text{hari} \\
 N \text{ unit RO} &= \frac{4665,6}{1000} \\
 &= 4,665 && \text{unit} \\
 &= 5 && \text{unit}
 \end{aligned}$$

Kemudian dihitung konsentrasi garam.

$$\begin{aligned}
 \text{Recovery} &= 35\% \\
 Q \text{ Permeate} &= Q \text{ recycle stage 1} \times \% \text{Recovery} \\
 &= 54 \times 35\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 18,9 \quad \text{L/s} \\
 \text{Q recycle} &= 54 - 18,9 \\
 &= 35,1 \quad \text{L/s} \\
 \text{Konsentrasi faktor} &= \frac{1}{(1 - \%recovery)} \\
 &= \frac{1}{(1 - 0,35)} \\
 &= 1,54 \\
 \text{Konsentrasi salts} &= 24 \times 1,54 \\
 &= 61,5 \quad \text{gram/liter}
 \end{aligned}$$

Air hasil dari RO digunakan untuk *backwash* juga untuk dijual. Total air yang dibutuhkan untuk *backwash* adalah berikut ini.

$$\begin{aligned}
 \text{RO} &= 27 \quad \text{m}^3 \\
 \text{Intake} &= 27 \quad \text{m}^3 \\
 \text{Filter} &= 37,5 \quad \text{m}^3 \\
 \text{TOTAL} &= 91,50 \quad \text{m}^3 \\
 \text{Waktu } backwash &= 1 \quad \text{seminggu sekali} \\
 \text{Air yang dibutuhkan} &= 91,5 \quad \text{m}^3/\text{minggu} \\
 \text{1 bulan} &= 4 \quad \text{minggu} \\
 \text{Kebutuhan air 1 bulan} &= 366 \quad \text{m}^3/\text{bulan} \\
 \text{Sedangkan hasil produksi adalah berikut ini.} \\
 \text{Debit produksi} &= 55 \quad \text{L/s} \\
 \text{Debit jual} &= 50 \quad \text{L/s} \\
 \text{Debit sisa} &= 5 \quad \text{L/s} \\
 &= 12960 \quad \text{m}^3/\text{bulan}
 \end{aligned}$$

Sehingga air yang dibutuhkan untuk *backwash* dapat terpenuhi dengan air sisa produksi dari unit RO.

#### 4.7.10 Unit Klorinasi

Terdapat proses klorinasi pada air produksi (permeate water) sebelum memasuki reservoir. Senyawa klor ini merupakan salah satu proses pengaman terhadap mikroorganisme patogen yang kemungkinan tumbuh dalam reservoir maupun saat distribusi. Proses desinfeksi ini menggunakan klorin cair yang berasal dari pengenceran serbuk kaporit (kalsium hipoklorit). Yang digunakan adalah supernatan dari proses pengadukan.

Berikut ini perhitungan kebutuhan kaporit pada perencanaan ini:

Jumlah unit	=	1	
Debit <i>intake</i>	=	55	L/s
	=	0.055	m <sup>3</sup> /s
	=	4752	m <sup>3</sup> /hari
Sisa klor	=	0.3	mg/L
BPC	=	2	mg/L
Dosis kaporit	=	BPC + sisa klor	
	=	2.3	mg/L
	=	10,930	Kg/hari

Proses pengisian kaporit dalam tabung adalah 1 minggu sekali. Sehingga akan digunakan volume dalam 1 minggu untuk menentukan dimensi tabung. Kaporit bubuk yang digunakan adalah kaporit dengan kadar 60%.

Kadar air dalam larutan	=	95%
Kadar kaporit	=	5%
Kadar %	=	60%
Kebutuhan kaporit	=	$\frac{\text{Dosis kaporit}}{\text{Kadar \%}}$
	=	$\frac{10,930}{60 \%}$
	=	18,216 Kg/hari
Densitas kaporit	=	2350 Kg/m <sup>3</sup>
Volume kapur	=	$\frac{\text{Kebutuhan kaporit}}{\text{densitas}}$
	=	$\frac{18,216}{2350}$
	=	0,008 m <sup>3</sup> /hari
Volume larutan	=	$\frac{95\%}{5\%} \times 0,008$
	=	0,15 m <sup>3</sup> /hari
Volume tabung	=	0,15 × 7
	=	1 m <sup>3</sup> /minggu

Pengadukan kaporit dilakukan secara manual. Untuk mendapatkan tekanan yang sama meskipun ketinggian air dalam tangki berbeda, direncanakan terdapat selang air yang terjepit oleh penahan yang terapung. Sehingga tekanan akan tetap stabil seperti pada gambar 4.2. Tangki klorin ini menggunakan tangki air Merk Penguin tipe TB 110 dengan spesifikasi sebagai berikut:



- Kapasitas = 1050 Liter
- Diameter = 1,060 meter
- Ketinggian = 1,265 meter
- Tebal dinding = 9-11 mm

Dihitung proses pipa injeksi menuju ke reservoir.

$$\text{Dosis kaporit} = 2,3 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ klorinasi} &= Q \text{ air} \times \text{Dosis kaporit} \times \rho \\ &= 55 \text{ L/detik} \times (2,3/1000) \text{ gram/L} \times 2,35 \text{ Kg/L} \\ &= 0,1265 \text{ gram/detik} \times 2,35 \text{ Kg/L} \\ &= 0,0000538 \text{ L/detik} \end{aligned}$$

Karena debit yang sangat kecil, maka dilakukan penginjeksian setiap 15 menit sekali. Sehingga diameter pipa injeksi dihitung menggunakan debit pembubuhan klorin.

$$\begin{aligned} \text{Volume 15 menit} &= 0,0000538 \times 900 \\ &= 0,04845 \text{ L} \end{aligned}$$

$$T_d \text{ injeksi} = 1 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ injeksi} &= 0,04845 \text{ L/s} \\ &= 0,00004845 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$v \text{ asumsi} = 0,1 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} A &= 0,00004845 \div 0,1 \\ &= 0,0004845 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa disinfeksi} &= \sqrt{\frac{4 \times 0,0004845}{3,14}} \\ &= 0,025 \text{ m} \\ &= 30 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Diameter yg dipakai} = 22,6 \text{ mm (OD= 25 mm)}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,0225^2 \\ &= 0,00040 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ cek} &= \frac{Q \text{ air}}{A \text{ dia pakai}} \\ &= \frac{0,00004845}{0,00040} \\ &= 0,12 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Dikarenakan diameter pipa dan kecepatan pengaliran yang sangat rendah, maka *headloss* dapat diabaikan.

#### 4.7.11 Reservoir dan Pembubuhan Nigari

Reservoir merupakan bangunan penampung akhir air produksi. Perhitungan dimensi dilakukan dengan metode tabel jam pemakaian air, sehingga didapatkan nilai surplus maksimum dan nilai defisit maksimum.

Tabel 4.5 Tabel Jam Pemakaian Air

Waktu ( jam )	Suplai ke Reservoir ( % )	Pemakaian	Kebutuhan ( % )	Selisih	Kumulatif Selisih
0--1	4.167	0.5	2.084	-2.084	-2.084
1--2	4.167	0.5	2.084	-2.084	-4.167
2--3	4.167	0.5	2.084	-2.084	-6.251
3--4	4.167	1	4.167	0.000	-6.251
4--5	4.167	1.25	5.209	1.042	-5.209
5--6	4.167	1.4	5.834	1.667	-3.542
6--7	4.167	1.35	5.625	1.458	-2.084
7--8	4.167	1.25	5.209	1.042	-1.042
8--9	4.167	1.15	4.792	0.625	-0.417
9--10	4.167	1.15	4.792	0.625	0.208
10--11	4.167	1.15	4.792	0.625	0.833
11--12	4.167	1.25	5.209	1.042	1.875
12--13	4.167	1.25	5.209	1.042	2.917
13--14	4.167	1.25	5.209	1.042	3.959
14--15	4.167	1.05	4.375	0.208	4.167
15--16	4.167	1	4.167	0.000	4.167
16--17	4.167	1.25	5.209	1.042	5.209
17--18	4.167	1.25	5.209	1.042	6.251
18--19	4.167	1	4.167	0.000	6.251
19--20	4.167	1	4.167	0.000	6.251
20--21	4.167	1	4.167	0.000	6.251

Waktu	Suplai ke Reservoir	Pemakaian	Kebutuhan	Selisih	Kumulatif Selisih
( jam )	( % )		( % )		
21--22	4.167	0.5	2.084	-2.084	4.167
22--23	4.167	0.5	2.084	-2.084	2.084
23--24	4.167	0.5	2.084	-2.084	0.000
Total	100		100	0.008	

Sumber: Hanna, 2013

Dari tabel di atas didapatkan nilai surplus maksimum sebesar 6,251 dan defisit maksimum -6,251. Sehingga didapatkan hasil perhitungan reservoir seperti berikut:

$$\begin{aligned}\text{Debit inlet} &= 55 \text{ L/s} \\ &= 0.055 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah bak} &= 1 \\ \text{waktu detensi} &= 30 \text{ menit} \\ &= 1800 \text{ detik}\end{aligned}$$

$$\text{Kedalaman reservoir} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Panjang : lebar} = 2 : 1$$

Pengolahan berjalan selama 24 jam, sehingga suplai yang masuk pada unit reservoir ini adalah 24 jam penuh.

$$\text{Suplai 24 jam} = 100\%$$

$$\begin{aligned}\text{Suplai per jam} &= 100\% \div 24 \\ &= 4.167\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas GR} &= \text{surplus max} + \text{defisit} \\ &= 12.501 \text{ }\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume GR} &= \text{kapasitas GR} \times Q \times t_d \\ &= 12,501 \times 0.055 \times 1800 \text{ detik} \\ &= 1237,599 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas GR} &= \text{Volume} \div h \\ &= 1237,599 \div 3 \\ &= 412,533 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\text{Lebar (L)} = \sqrt{\frac{L_p \text{ bak}}{2}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{412,533}{2}} \\
 &= 15 \quad \text{m} \\
 \text{Panjang (P)} &= 15 \times 2 \\
 &= 30 \quad \text{m} \\
 \text{Kedalaman + fb} &= 3.3 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

Pada unit reservoir, direncanakan hanya sampai diameter pipa distribusi. Hal ini dikarenakan belum ditentukan wilayah pelayanan, sehingga belum dapat ditentukan *head* yang diperlukan.

#### PIPA DISTRIBUSI

$$\begin{aligned}
 V \text{ asumsi} &= 2 \quad \text{m/s} \\
 A &= Q \text{ inlet} \div V \text{ asumsi} \\
 &= 0,055 \div 2 \\
 &= 0,0275 \quad \text{m}^2 \\
 \text{Diameter} &= \sqrt{\frac{4 \times 0,0275}{3,14}} \\
 &= 0.187 \quad \text{m} \\
 &= 187 \quad \text{mm}
 \end{aligned}$$

Digunakan pipa yang ada dipasaran yang memenuhi standar SNI dengan diameter 203,4 mm memiliki *outer diameter* 225mm dengan ketebalan 10,8 mm.

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,203^2 \\
 &= 0,0325 \quad \text{m}^2 \\
 &\quad \text{Q air} \\
 V \text{ cek} &= \frac{A \text{ dia pakai}}{0,055} \\
 &= \frac{0,0325}{0,055} \\
 &= 1,7 \quad \text{m/s}
 \end{aligned}$$

Proses injeksi nigari dilakukan sebagai upaya mineralisasi dalam air hasil produksi, sehingga air yang dihasilkan adalah air layak minum. Nigari yang diinjeksi adalah hasil dari produk samping yang dikelola dari air reject *Reverse*

Osmosis. Dosis pemberian nigari adalah dosis umum konsumsi nigari dimasyarakat, yaitu 5 tetes tiap 200 ml air yang diminum. 1 tetes akan setara dengan 0,25 ml. Berikut ini merupakan hasil perhitungan bak injeksi nigari:

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan nigari} &= 6,25 \quad \text{ml/L} \\
 \text{Waktu Pengisian (Td)} &= 4 \quad \text{jam} \\
 \text{Debit Inlet (Q inlet)} &= 55 \quad \text{L/s} \\
 \text{Debit nigari (Q nigari)} &= Q \text{ inlet} \times \text{Kebutuhan nigari} \\
 &= 55 \times 6,25 \\
 &= 343,75 \quad \text{ml/s} \\
 &= 0,345 \quad \text{L/s} \\
 &= 0,000345 \quad \text{m}^3/\text{s} \\
 \text{Volume} &= Q \text{ nigari} \times Td \\
 &= 0,000345 \times 4 \times 3600 \\
 &= 9,9 \quad \text{m}^3
 \end{aligned}$$

Tangki nigari menggunakan tangki air Merk Penguin tipe TB 500 sebanyak 2 unit dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Kapasitas = 5100 Liter
- Diameter = 1,8 meter
- Ketinggian = 2,15 meter
- Tebal dinding = 12-18 mm

Kemudian dihitung pipa distribusinya

$$\begin{aligned}
 Q \text{ air} &= 0,343 \quad \text{L/s} \\
 &= 0,000343 \quad \text{m}^3/\text{s} \\
 V \text{ asumsi} &= 1 \quad \text{m/s} \\
 A &= 0,000343 \quad \text{m}^2 \\
 \text{Diameter pipa distribusi} &= \sqrt{\frac{4 \times 0,000343}{3,14}} \\
 &= 0,0209 \quad \text{m} \\
 &= 18 \text{ mm} \quad (\text{OD} = 20 \text{ mm})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A \text{ diameter pakai} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,018^2 \\
 &= 0,0003 \quad \text{m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V \text{ cek} &= \frac{Q \text{ air}}{A \text{ dia pakai}} \\
 &= \frac{0,000343}{0,0003}
 \end{aligned}$$

$$= 1,4 \quad \text{m/s}$$

Untuk mendapatkan tekanan yang sama meskipun ketinggian air dalam tangki berbeda, direncanakan terdapat selang air yang terjepit oleh penahan yang terapung. Sehingga tekanan akan tetap stabil seperti pada gambar 4.2.

#### 4.7.12 Perhitungan Profil Hidrolis

Setelah didapatkan hasil perhitungan, maka masing-masing unit diplot ke denah sedemikian rupa secara berurutan. Kemudian akan diketahui kebutuhan pipa dan aksesoris yang diperlukan. Sehingga dapat dilakukan perhitungan besar tekanan yang hilang sampai pada unit pengolahan akhir. Hal ini diperlukan untuk menentukan *head* pompa awal pada *intake*, sehingga air akan tetap mengalir sampai unit terakhir (perhitungan *headloss* terlampir).

Tabel 4.6 Tabel *Headloss* Total Antar Unit

Jenis Unit	<i>Headloss</i> pipa total (m)	
Koagulasi	0,580	0,536
Flokulasi		
Sedimentasi	0,394	0,303
Filter		
GAC	0,265	0,301
SP		
RO	0,265	
Reservoir		
Filter	0,330	
Bak pengering		

### 4.8 Perhitungan Hasil Produk Sampingan

#### 4.8.1 Garam Murni

Debit *reject water* yang akan dimanfaatkan menjadi garam murni adalah hasil dari *reject water* RO pada stage kedua, yaitu sebesar 35,1 L/detik atau 3032,64 m<sup>3</sup>/hari. Kandungan

garam pada reject water tersebut adalah 61,5 gram/liter. Garam dibentuk dari proses pengkristalan garam melalui proses pengeringan langsung oleh sinar matahari.

Pengeringan dilakukan selama 10 hari. Setiap harinya dibutuhkan 3 bak untuk menampung *reject water* yang dihasilkan. Sehingga jumlah bak yang dibutuhkan sebanyak 30 unit. Kedalaman bak pengeringan yang optimal didapatkan dari penelitian sebelumnya, yaitu sebesar 30 cm. Berikut perhitungan untuk mengetahui produksi garam yang dihasilkan:

$$L \text{ permukaan total} = Q \text{ air garam} \div h$$

$$= 3032,64 \div 0,3$$

$$= 10108,8 \text{ m}^2/\text{hari}$$

$$\text{Jumlah bak} = 3 \text{ bak/hari}$$

$$L \text{ permukaan bak} = Lp \text{ total} \div n \text{ bak}$$

$$= 3369,6 \text{ m}^2/\text{bak}$$

$$\text{Panjang bak} = 2 \times \text{Lebar}$$

$$= \sqrt{\frac{Lp \text{ bak}}{2}}$$

Lebar

$$= \sqrt{\frac{3369,6}{2}}$$

$$= 41 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang} = 2 \times 41$$

$$= 82 \text{ meter}$$

$$\text{Lahan total} = 10 \text{ Ha}$$

Kebutuhan lahan ini merupakan luasan yang dibutuhkan untuk membuat tambak garam dan nigari. Banyak lahan tambak garam yang ada di Kota Surabaya dan sekitarnya, sehingga direncanakan untuk menyewa kepada para petani garam yang ada dengan biaya sewa pertahun.

$$\text{Kandungan garam} = 61.538 \text{ gram/liter}$$

$$= 61538.462 \text{ gram/m}^3$$

$$\text{Produksi garam} = \text{Kandungan Garam} \times Q \text{ reject water}$$

$$= 61538.462 \times 3024 \div 1000$$

$$= 186092,3 \text{ Kg/hari}$$

Untuk faktor keamanan, diasumsikan faktor yang hilang adalah 20%. Kehilangan ini dapat disebabkan pengambilan garam kristal yang kurang menyeluruh pada bak, tumpahan garam saat pengangkutan dan hal tak terduga lainnya. Sedangkan garam yang dijual adalah garam dengan kualitas yang baik. Sebesar 90% untuk musim kemarau dan 50% pada saat musim hujan. Angka tersebut merupakan asumsi besaran produk unggul yang dapat diproduksi berdasarkan musim.

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor hilang} &= 20\% \\
 \text{Garam hilang} &= 20\% \times \text{Produksi garam} \\
 &= 37218,5 \quad \text{Kg/hari} \\
 \text{Produksi garam} &= 186092,3 - 37218,5 \\
 &= 148.873,84 \quad \text{Kg/hari}
 \end{aligned}$$

Diasumsikan lama musim kemarau sama dengan musim hujan, yaitu 183 hari untuk musim kemarau dan 182 hari untuk musim penghujan.

#### 4.8.2 Nigari

Pada saat proses pengkristalan garam, akan terdapat cairan yang tidak bisa menguap lagi atau pada saat massa jenis larutan tersebut telah mencapai  $29^0\text{Bè}$  maka larutan tersebut bisa dipanen dan larutan tersebut dinamakan nigari. Pada saat larutan nigari (bittern) tersebut mencapai  $29^0\text{Bè}$ , garam yang dihasilkan kemurniannya mencapai  $>95\%$ . Pada umumnya larutan tersebut memiliki ketebalan sebesar 3-5 cm. Sehingga luasan yang akan menghasilkan nigari adalah luas lahan pengeringan garam murni. Berikut perhitungan untuk mengetahui produksi nigari yang dihasilkan:

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang bak} &= 122 \quad \text{m} \\
 \text{Lebar bak} &= 61 \quad \text{m} \\
 \text{As} &= 7488 \quad \text{m}^2 \\
 \text{Jumlah bak} &= 3 \quad \text{bak/hari} \\
 \text{Total As} &= 7488 \times 3 \\
 &= 22464 \quad \text{m}^2 \\
 \text{Kedalaman nigari} &= 3 \quad \text{cm}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= 0,03 \quad \text{m} \\
 \text{Volume nigari} &= 22464 \times 0,03 \\
 &= 302,4 \quad \text{m}^3/\text{hari} \\
 &= 302400 \quad \text{L/hari} \\
 \text{Nigari hilang} &= 20\% \times \text{Volume nigari} \\
 &= 60480 \quad \text{L/hari} \\
 \text{Produksi nigari} &= 302400 - 60480 \\
 &= 241920 \quad \text{L/hari}
 \end{aligned}$$

Nigari yang diproduksi juga sama dengan produksi garam. Diasumsikan faktor yang hilang adalah 20%. Kehilangan ini dapat disebabkan pengambilan nigari yang kurang menyeluruh pada bak, tumpahan garam saat pengangkutan dan hal tak terduga lainnya. Sedangkan nigari yang dijual adalah nigari dengan kualitas yang baik. Sebesar 90% untuk musim kemarau dan 50% pada saat musim hujan. Angka tersebut merupakan asumsi besaran produk unggul yang dapat diproduksi berdasarkan musim.

Penyimpanan nigari dengan menggunakan tabung IBC dengan volume 1000 liter yang diletakkan dalam gudang untuk memudahkan proses penyimpanan. Proses penjualan, tetap dengan tabung IBC untuk memudahkan proses pengiriman. Pembelian minimal 1 tabung dan setiap pembeli berkewajiban untuk mengembalikan tabung tersebut dalam 2 hari.

## 4.9 Analisis Finansial Teknologi Terpilih

### 4.9.1 Biaya Pengeluaran

#### a. Biaya Investasi (RAB)

Dihitung BOQ dan RAB untuk masing-masing unit pengolahan. Berikut hasil dari perhitungan untuk masing-masing unit:

Tabel 4.7 Rekapitulasi Perhitungan RAB Tiap Unit

No	Nama Unit	RAB
1	Intake	Rp2.394.857.488
2	Flash Mix	Rp50.833.376
3	Slow Mix	Rp572.521.849

No	Nama Unit	RAB
4	Sedimentasi	Rp603.866.462
5	Filter	Rp734.099.780
6	Bak Pengereng	Rp288.590.644
7	Karbon Aktif	Rp591.333.635
8	Bak Pengumpul Ke Reservoir	Rp71.999.072
9	RO	Rp68.060.413.893
10	Bak Pengumpul Reject Water	Rp79.938.417
11	Bak Pengumpul Nigari Sementara	Rp3.921.864.584
12	Gudang Hasil Garam	Rp126.813.361
13	Pos Penjaga	Rp24.645.933
14	Kantor Administrasi	Rp115.313.196
15	Laboratorium	Rp137.667.359
16	Gudang B3	Rp38.402.549
17	Gudang Alat	Rp20.647.255
18	Kloriator	Rp115.575.280
19	Reservoir	Rp2.311.004.442
20	Atap Tambak	Rp27.681.726.240
	Total	Rp107.942.114.817

b. Biaya Cicilan

Tidak sepenuhnya proyek ini dilakukan dengan menggunakan uang pribadi. 60% dari biaya pembangunan proyek akan menggunakan uang pinjaman dari bank dengan waktu peminjaman adalah 10 tahun.

$$\begin{aligned}
 \text{Peminjaman} &= 60\% \times \text{Rp}107.942.114.817 \\
 &= \text{Rp}64.765.268.890
 \end{aligned}$$

Bunga pinjaman yang dikenakan oleh Bank BNI pada tahun 2016 adalah 12,5% per tahun. Sehingga dihitung bunga pembayaran tiap tahunnya.

$$\begin{aligned}\text{Bunga per tahun} &= 12,5\% \times \text{Rp}64.765.268.890 \\ &= \text{Rp}8.095.658.611\end{aligned}$$

Selain bunga, terdapat cicilan untuk membayar pinjaman tiap tahunnya (A/P) dengan menggunakan persamaan 2.10. A adalah biaya cicilan yang harus dibayar. Sedangkan P adalah nominal uang yang dipinjam. Berikut ini adalah cicilan yang harus dibayar setelah dihitung dengan bunga yang harus dibayar:

$$\begin{aligned}A/P &= \left[ \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \right] \dots\dots\dots 2.12 \\ A/P &= \left[ \frac{12,5\%(1 + 12,5\%)^{10}}{(1 + 12,5\%)^{10} - 1} \right] \\ A/P &= 0,18 \\ A &= 0,18 \times \text{Rp}64.765.268.890 \\ &= \text{Rp}11.698.018.274\end{aligned}$$

Sehingga, total cicilan yang harus dibayar adalah jumlah dari cicilan induk yaitu sebesar Rp11.698.018.274.

c. Biaya Operasional

Dibutuhkan biaya operasional untuk mendukung keberlangsungannya sistem pengolahan agar tetap ideal selama umur proyek, yaitu 10 tahun. Oleh karena itu dibutuhkan pergantian pada beberapa unit.

Tabel 4.8 Jumlah Penggantian Unit

Unit	Jangka waktu penggantian	Waktu penggantian	Jumlah unit	Total penggantian
	(Tahun)	(Tahun)	unit	kali
Pompa <i>intake</i>	6 – 10	6	4	4
Propeller flash mix	6 – 10	6	2	2
Kapur	1	1	1	10
Tangki kapur 1000 L Penguin	10	10	1	1

Unit	Jangka waktu penggantian	Waktu penggantian	Jumlah unit	Total penggantian
	(Tahun)	(Tahun)	unit	kali
Pressure sand filter	3-5	4	13	26
Pompa lumpur	6-10	6	1	1
Pompa filter	6-10	6	3	3
Media Karbon aktif	1	1	1	10
Tangki karbon aktif 4100 L Penguin	10	10	2	2
Membran RO	3-5	3	65	195
Tangki pembubuhan klorin cair	10	10	1	1
Tangki pembubuhan nigari	10	10	2	2
Tangki IBC Nigari	5-10 tahun	6	484	484
Alat kecil lainnya	1	1	1	10

Pergantian tersebut bervariasi, mulai dari setiap 1 tahun sekali sampai 10 tahun sekali. Untuk mempermudah perhitungan, kebutuhan yang berkala seperti kapur dan karbon aktif, dihitung dalam kebutuhan tiap tahunnya.

Tabel 4.9 Biaya Operasional Tiap Unit

Unit	Total pergantian	Biaya pertahun	Biaya total
	kali	Rupiah	Rupiah
Pompa intake	4	Rp171.745.200	Rp686.980.800
Propeller flash mix	2	Rp190.000	Rp380.000
Kapur	10	Rp221.737.500	Rp2.217.375.000
Tangki kapur 1000 L Penguin	1	Rp2.500.000	Rp2.500.000
Pressure sand filter	26	Rp33.500.000	Rp871.000.000
Pompa lumpur	1	Rp37.708.440	Rp37.708.440
Pompa filter	3	Rp92.962.760	Rp278.888.280
Media Karbon aktif	10	Rp557.864.635	Rp5.578.646.346

Unit	Total pergantian	Biaya pertahun	Biaya total
	kali	Rupiah	Rupiah
Tangki karbon aktif 4100 L Penguin	2	Rp9.300.000	Rp18.600.000
Membran RO	195	Rp44.226.667	Rp8.624.200.000
Tangki pembubuhan klorin cair	1	Rp2.500.000	Rp2.500.000
Tangki pembubuhan nigari	2	Rp11.000.000	Rp22.000.000
Tangki IBC Nigari	484	Rp900.000	Rp435.600.000
Alat kecil lainnya	10	Rp15.000.000	Rp150.000.000
TOTAL (rupiah)			Rp18.926.378.866
Rata-rata operasional per tahun (rupiah)			Rp1.892.637.887

d. Biaya Listrik

Biaya pemakaian listrik dihitung berdasarkan konsumsi listrik setiap unitnya. Jam pengoperasian adalah 1 hari penuh, yaitu 24 jam untuk semua unit kecuali pompa lumpur yang hanya 30 menit tiap harinya. Sedangkan biaya listrik bulan Mei 2016 adalah Rp 1.353,45. Sehingga besar daya listrik yang dipakai adalah besar kW masing-masing unit dikali waktu pemakaian. Sedangkan biaya listrik adalah total dari daya dikalikan dengan harga listrik per kW.

Tabel 4.10 Biaya Listrik Tiap Tahun

Unit	kW	Biaya /hari	Biaya/tahun
Pompa intake	22,38	Rp726.965	Rp265.342.248
Pompa Filter	29,84	Rp970.003	Rp354.051.063
Pompa lumpur	11,76	Rp7.965	Rp2.907.327
Impeller	1,06	Rp34.564	Rp12.615.866
RO	972	Rp31.596.610	Rp11.532.762.504

Tarif listrik tiap tahunnya diperkirakan akan mengalami kenaikan sebesar 11% setiap tahunnya. Total dari biaya listrik selama 10 tahun adalah Rp 888.531.370.321,00 untuk total konsumsi listrik sebesar 1037,04 kW dengan rata-rata biaya tiap tahunnya adalah Rp 42.311.017.634

e. Biaya Sewa Lahan

Lahan yang akan digunakan untuk lokasi pengolahan adalah tanah milik Pemerintah Kota Surabaya, sehingga tidak diperlukan biaya untuk menggunakan lahan tersebut. Namun untuk tambak garam dibutuhkan uang sewa kepada para petani tambak garam. Uang sewa yang dibutuhkan adalah Rp 30.000.000/Ha dengan kenaikan harga tiap tahunnya sebesar 5%. Total dari biaya sewa selama 10 tahun adalah Rp 1.071.577.554,24 dengan rata-rata biaya tiap tahunnya adalah Rp 510.275.025,83.

f. Biaya Pengelolaan Limbah B3

Terdapat logam berat yang terkandung dalam air baku, sehingga tidak diperkenankan untuk membuang lumpur yang diendapkan pada unit sedimentasi ke lingkungan sembarangan karena termasuk dalam kategori limbah B3. Dilakukan pengiriman limbah ke PT. Prasadha Pamunah Limbah Industri (PPLI) untuk diolah. Biaya yang dikenakan untuk mengolah limbah tersebut adalah Rp 5.000.000 untuk tiap 1 m<sup>3</sup> limbah.

Produksi lumpur	=	23 m <sup>3</sup> /hari.bak
	=	23 m <sup>3</sup> /hari × 2 bak
	=	16934.09 m <sup>3</sup> /tahun
Biaya tiap tahun	=	16934.09 × 5.000.000
	=	Rp 84.670.472.831,09
Total 10 tahun	=	Rp 846.704.728.310,90

g. Gaji Karyawan

Dihitung pengeluaran untuk gaji karyawan yang bekerja di lokasi instalasi pengolahan. Gaji berdasarkan UMK (Upah Minimum Kerja) dengan kenaikan gaji tiap tahunnya adalah 1%.Perhitungan lengkap ada pada lampiran.

Tabel 4.11 Tabel Gaji Karyawan

Jenis Profesi	orang	Gaji per bulan
Satpam	2	Rp3.045.000
Laboran	2	Rp3.200.000
Operator	2	Rp3.200.000
Pekerja lapangan	5	Rp3.045.000
Total	11	Rp12.490.000
Total 10 tahun		Rp290.257.533

#### 4.9.2 Biaya Pemasukan

a. Air Produksi

Debit air hasil produksi dari hasil pengolahan akan dikomersilkan sebesar 50 L/detik. Dengan harga penjualan tiap 1 m<sup>3</sup> adalah Rp 2000,00.

$$\begin{aligned}
 \text{Produksi air} &= 50 && \text{L/detik} \\
 &= 4320 && \text{m}^3/\text{hari} \\
 \text{Pemasukan} &= 4320 \times 2000 \\
 &= \text{Rp}8.640.000 && / \text{hari} \\
 \text{Pemasukan} &= \text{Rp}8.640.000 \times 365 \\
 &= \text{Rp}3.153.600.000 && / \text{tahun} \\
 \text{Total 10 tahun} &= \text{Rp}3.153.600.000 \times 10 \\
 &= \text{Rp}31.536.000.000
 \end{aligned}$$

b. Garam Murni

$$\begin{aligned}
 \text{Produksi garam} &= 148.873,84 && \text{Kg/hari} \\
 \text{Harga garam} &= 1000 && \text{rupiah/Kg} \\
 \text{1 tahun} &= 365 && \text{hari} \\
 \text{Hari kemarau} &= 183 && \text{hari}
 \end{aligned}$$

Hari hujan	=	182	hari
Produksi Kemarau	=	$90\% \times 148.873,84$	
	=	133986	Kg/hari
Pendapatan kemarau	=	$133986 \times 183 \times \text{Rp } 1000$	
	=	Rp24.519.522.462	kemarau
Produksi Hujan	=	$50\% \times 148.873,84$	
	=	74437	Kg/hari
Pendapatan hujan	=	$74437 \times 182 \times \text{Rp } 1000$	
	=	Rp13.547.520.000	hujan
TOTAL	=	Rp38.067.042.462	rupiah/tahun
Pada tahun pertama, hari produksi berkurang 10 hari pada musim kemarau karena pengeringan pertama. Sehingga dalam tahun pertama hanya ada 355 hari produksi garam.			
Hari kemarau	=	173	hari
Hari hujan	=	182	hari
Pendapatan kemarau	=	$133986 \times 173 \times \text{Rp } 1000$	
	=	Rp23.179.657.846	kemarau
Pendapatan hujan	=	$74437 \times 182 \times \text{Rp } 1000$	
	=	Rp13.547.520.000	hujan
TOTAL	=	Rp36.727.177.846	rupiah

c. Nigari

Produksi nigari = 241920 L/hari

Harga nigari yang masuk dalam perencanaan adalah perkiraan harga jual baku nigari tanpa perlu pemurnian dan pengemasan. Sedangkan harga digari dalam kemasan di pasaran adalah Rp 115.000,00 per 32 ml (Merk Nigari Sari Laut)

Harga nigari	=	1500	rupiah/L
1 tahun	=	365	hari
Hari kemarau	=	183	hari
Hari hujan	=	182	hari



Produksi Kemarau	=	90% × 241920	
	=	217727,7	L/hari
Pendapatan kemarau	=	217727,7 × 183 × Rp 1500	
	=	Rp59.766.251.077	kemarau
Produksi Hujan	=	50% × 241920	
	=	120959,8	Kg/hari
Pendapatan hujan	=	120959,8 × 182 × Rp 1500	
	=	Rp33.022.033.078	hujan
TOTAL	=	Rp89.522.368.795	rupiah/tahun
Pada tahun pertama, hari produksi berkurang 10 hari pada musim kemarau karena pengeringan pertama. Sehingga dalam tahun pertama hanya ada 355 hari produksi nigari.			
Hari kemarau	=	173	hari
Hari hujan	=	182	hari
Pendapatan kemarau	=	217727,7 × 173 × Rp 1500	
	=	Rp56.500.335.717	kemarau
Pendapatan hujan	=	120959,8 × 182 × Rp 1500	
	=	Rp33.022.033.078	hujan
TOTAL	=	Rp89.522.368.795	rupiah

Tabel 4.12 Total Pengeluaran

Jenis Pemasukan	Pendapatan per tahun	Pendapatan 10 tahun
Air produksi	Rp3.153.600.000	Rp31.536.000.000
Garam	Rp38.067.042.462	Rp379.330.560.000
Nigari	Rp92.788.284.155	Rp924.616.926.188
TOTAL	Rp134.008.926.616	Rp1.335.483.486.188

#### 4.9.3 Net Present Value (NPV)

Setelah didapat masing pemasukan dan pendapatan tiap tahun maupun secara keseluruhan, maka dibuat diagram aliran kas untuk mendapatkan nilai NPV dengan persamaan 2.12. Cash

flow adalah selisih dari pemasukan dan pengeluaran disetiap tahunnya.

$$NPV(i,N) = \sum_t^N \frac{Rt}{(1+i)^t} \dots\dots\dots 2.14$$

Tabel 4.13 Tabel Perhitungan *Present Value*

t	Aliran Kas (Rt)	(1+i) <sup>t</sup>	PV
0	-Rp107.942.114.817		-Rp107.942.114.817
1	-Rp89.138.022.076	0,889	-Rp79.233.797.401
2	-Rp67.082.272.101	0,790	-Rp53.003.276.722
3	-Rp46.529.495.878	0,702	-Rp32.679.152.112
4	-Rp27.644.913.403	0,624	-Rp17.258.583.341
5	-Rp10.611.914.024	0,555	-Rp5.888.858.384
6	Rp4.365.945.174	0,493	Rp2.153.590.580
7	Rp17.062.721.163	0,438	Rp7.481.361.433
8	Rp27.227.622.784	0,390	Rp10.611.811.957
9	Rp34.582.277.722	0,346	Rp11.980.664.102
10	Rp38.817.698.872	0,308	Rp11.953.760.829

Sehingga, NPV yang didapat sebesar Rp11.953.760.829. Karena NPV >0 sehingga proyek ini dapat dikatakan layak dijalankan.

#### 4.9.4 *Internal Rate of Return (IRR)*

Pada saat nilai NPV positif, maka selanjutnya dihitung prosentase tingkat pengembalian.

$$NPW = PW_R - PW_E \dots\dots\dots 2.15$$

$$NPW = 0$$

$$PW_R = \text{Pemasukan selama 10 tahun} \\ = \text{Rp}1.335.483.486.188 \times (P/F, i\%, 10)$$

$$PW_E = \text{Biaya investasi} \\ = \text{Rp}107.942.114.817$$

$$(P/F, i\%, 10) = \frac{\text{Rp}107.942.114.817}{\text{Rp}1.335.483.486.188}$$

$$= 0,0808$$

$$P/F = \left[ \frac{1}{(1+i)^N} \right] \dots\dots\dots 2.10$$

Didapatkan nilai  $i\%$  yang memiliki hasil  $P/F$  sebesar 0,0808. Sedangkan besaran  $i$  dapat dihitung dengan cara interpolasi bunga yang memiliki hasil terdekat.

$$(P/F, 30\%, 10) = \left[ \frac{1}{(1 + 0,30)^{10}} \right] \\ = 0,0725$$

$$(P/F, 25\%, 10) = \left[ \frac{1}{(1 + 0,25)^{10}} \right] \\ = 0,1074$$

$$\frac{30\% - i\%}{30\% - 35\%} = \frac{0,1074 - 0,0808}{0,1074 - 0,0808}$$

$$i\% = 28,81\%$$

Hasil IRR untuk proyek ini adalah 28,81%, hasil tersebut > dari MARR (bunga bank = 12,5%). Sehingga proyek ini dikatakan layak dijalankan.

#### 4.9.5 *Payback Period*

Dilakukan perhitungan untuk mengetahui perkiraan pada tahun berapa modal proyek ini akan kembali.

$$N = \frac{P}{At} \dots\dots\dots 2.17$$

$$P = \text{Biaya investasi} \\ = \text{Rp } 107.339.643.070,00$$

$$At = \text{Aliran kas}$$

Dikarenakan aliran kas setiap tahunnya tidak sama dan semakin menurun tiap tahunnya, maka tidak dapat diambil rata-rata untuk menghitung *payback period*. *Payback period* dapat dilihat pada saat aliran kas menjadi positif (tabel 4.13). Itu artinya, tahun tersebut telah menghasilkan keuntungan. *Payback period* jatuh pada tahun ke-6 dengan laba pada tahun tersebut adalah Rp2.153.590.580.

Sehingga dengan begitu, pada tahun ke-6 biaya yang dibutuhkan untuk proyek berjalan akan kembali. Berdasarkan dari analisa proyek ini dapat disimpulkan dapat dijalankan.

(Halaman ini sengaja di kosongkan)

## Lampiran 1 Perhitungan Headloss Profil Hidrolis

### INTAKE-KOAGULASI

Saluran utama

$$Q = 0,09 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

$$v = 1,5 \quad \text{m/s}$$

$$C \text{ PVC} = 150$$

$$As = \frac{Q}{v} = 0,06 \quad \text{m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times As}{\pi}} = 0,28 \quad \text{m}$$

$$\text{Diameter pasaran} = 285 \quad \text{mm}$$

$$\text{Outer diameter} = 315 \quad \text{mm}$$

$$V \text{ cek} = \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2} = 1,41 \quad \text{m/s}$$

$$\text{Panjang pipa} = 123 \quad \text{m}$$

$$H_f = \left( \frac{Q_{intake}}{0,2875 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L_{pipa} = 0,1301 \quad \text{m}$$

Minor Losses

$$\text{Head velocity} = \frac{v^2}{2g} = 0,102 \quad \text{m}$$

$$K \text{ belokan} = 0,4$$

$$K \text{ valve} = 0,3$$

$$\text{Jumlah belokan} = 12$$

$$\text{Jumlah valve} = 3$$

$$H_{fm} \text{ belokan} = \frac{v^2}{2g} \times k \times \text{jumlah belokan} = 0,487 \quad \text{m}$$

$$H_{fm} \text{ valve} = \frac{v^2}{2g} \times k \times \text{jumlah valve} = 0,091 \quad \text{m}$$

$$H_f \text{ minor losses} = H_v + H_f \text{ belokan} + H \text{ valve} = 0,68 \quad \text{m}$$

Saluran cabang

Q	=	0,045	m <sup>3</sup> /s
v	=	1,5	m/s
C	=	120	
As	=	Q/v	
	=	0,03	m <sup>2</sup>
D	=	$\sqrt{\frac{4 \times As}{\pi}}$	
	=	0,20	m
Diameter pasaran	=	203,4	mm
Outer diameter	=	225	mm
V cek	=	$\frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}$	
	=	1,39	m/s
Panjang pipa	=	326	m
Hf	=	$\left( \frac{Q_{intake}}{0,2875 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L_{pipa}$	
	=	0,746	m
Hf total	=	ΣHf + Hminor	
	=	1,165	m

### KOAGULASI-FLOKULASI

Saluran utama

Q	=	0,09	m <sup>3</sup> /s
v	=	1,5	m/s
C PVC	=	150	
As	=	Q/v	
	=	0,06	m <sup>2</sup>
D	=	$\sqrt{\frac{4 \times As}{\pi}}$	
	=	0,28	m
Diameter pasaran	=	285	mm
Outer diameter	=	315	mm
	=	$\frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}$	
V cek	=	1,41	m/s
Panjang pipa	=	4	m
Hf	=	$\left( \frac{Q_{intake}}{0,2875 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L_{pipa}$	

	=	0,0042	m
Minor Losses			
Head velocity	=	$\frac{v^2}{2g}$	
	=	0,102	m
K belokan	=	0,4	
K valve	=	0,3	
Jumlah belokan	=	8	
Jumlah valve	=	3	
Hfm belokan	=	$\frac{v^2}{2g} \times k \times jumlah\ belokan$	
	=	0,325	m
Hfm valve	=	$\frac{v^2}{2g} \times k \times jumlah\ valve$	
	=	0,091	m
Hf minor losses	=	Hv + Hf belokan + H valve	
	=	0,518	m
Saluran cabang			
Q	=	0,045	m <sup>3</sup> /s
v	=	1,5	m/s
C	=	120	
As	=	$Q/v$	
	=	0,03	m <sup>2</sup>
D	=	$\sqrt{\frac{4 \times As}{\pi}}$	
	=	0,20	m
Diameter pasaran	=	203,4	mm
Outer diameter	=	225	mm
V cek	=	$\frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}$	
	=	1,39	m/s
Panjang pipa	=	6	m
Hf	=	$\left( \frac{Q_{intake}}{0,2875 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L_{pipa}$	
	=	0,0137	m
Hf total	=	$\Sigma Hf + H_{minor}$	
	=	0,536	m



## FLOKULASI-SEDIMENTASI

Saluran utama

$$Q = 0,09 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

$$v = 1,5 \quad \text{m/s}$$

$$C \text{ PVC} = 150$$

$$As = \frac{Q}{v} = 0,06 \quad \text{m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times As}{\pi}} = 0,28 \quad \text{m}$$

$$\text{Diameter pasaran} = 285 \quad \text{mm}$$

$$\text{Outer diameter} = 315 \quad \text{mm}$$

$$V \text{ cek} = \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2} = 1,41 \quad \text{m/s}$$

$$\text{Panjang pipa} = 29,5 \quad \text{m}$$

$$H_f = \left( \frac{Q_{intake}}{0,2875 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L_{pipa} = 0,0312 \quad \text{m}$$

Minor Losses

$$\text{Head velocity} = \frac{v^2}{2g} = 0,102 \quad \text{m}$$

$$K \text{ belokan} = 0,4$$

$$K \text{ valve} = 0,3$$

$$\text{Jumlah belokan} = 9$$

$$\text{Jumlah valve} = 2$$

$$H_{fm} \text{ belokan} = \frac{v^2}{2g} \times k \times \text{jumlah belokan} = 0,366 \quad \text{m}$$

$$H_{fm} \text{ valve} = \frac{v^2}{2g} \times k \times \text{jumlah valve} = 0,061 \quad \text{m}$$

$$H_f \text{ minor losses} = H_v + H_f \text{ belokan} + H \text{ valve} = 0,528 \quad \text{m}$$

Saluran cabang

$$Q = 0,045 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

$$v = 1,5 \quad \text{m/s}$$

$$C = 120$$

As	=	$Q/v$	
	=	0,03	$m^2$
D	=	$\sqrt{\frac{4 \times As}{\pi}}$	
	=	0,20	m
Diameter pasaran	=	203,4	mm
Outer diameter	=	225	mm
V cek	=	$\frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}$	
	=	1,39	m/s
Panjang pipa	=	9	m
Hf	=	$\left( \frac{Q_{intake}}{0,2875 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L_{pipa}$	
	=	0,0206	m
Hf total	=	$\Sigma H_f + H_{minor}$	
	=	0,580	m

### SEDIMENTASI-FILTER

Saluran utama

Q	=	0,09	$m^3/s$
v	=	1,5	m/s
C PVC	=	150	
As	=	$Q/v$	
	=	0,06	$m^2$
D	=	$\sqrt{\frac{4 \times As}{\pi}}$	
	=	0,28	m
Diameter pasaran	=	285	mm
Outer diameter	=	315	mm
V cek	=	$\frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}$	
	=	1,41	m/s
Panjang pipa	=	3,5	m
Hf	=	$\left( \frac{Q_{intake}}{0,2875 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L_{pipa}$	
	=	0,0037	m

## Minor Losses

Head velocity	$= \frac{v^2}{2g}$	
	$= 0,102$	m
K belokan	$= 0,4$	
K valve	$= 0,3$	
Jumlah belokan	$= 3$	
Jumlah valve	$= 2$	
Hfm belokan	$= \frac{v^2}{2g} \times k \times \text{jumlah belokan}$	
	$= 0,122$	m
Hfm valve	$= \frac{v^2}{2g} \times k \times \text{jumlah valve}$	
	$= 0,061$	m
Hf minor losses	$= H_v + H_f \text{ belokan} + H \text{ valve}$	
	$= 0,284$	m
Saluran cabang		
Q	$= 0,045$	m <sup>3</sup> /s
v	$= 1,5$	m/s
C	$= 120$	
As	$= Q/v$	
	$= 0,03$	m <sup>2</sup>
D	$= \sqrt{\frac{4 \times As}{\pi}}$	
	$= 0,20$	m
Diameter pasaran	$= 203,4$	mm
Outer diameter	$= \frac{Q}{225}$	mm
V cek	$= \frac{1}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}$	
	$= 1,39$	m/s
Panjang pipa	$= 6,5$	m
Hf	$= \left( \frac{Q_{intake}}{0,2875 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L_{pipa}$	
	$= 0,0206$	m
Hf total	$= \Sigma H_f + H_{minor}$	
	$= 0,303$	m

## FILTER-KARBON AKTIF

Saluran utama

$$Q = 0,09 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

$$v = 1,5 \quad \text{m/s}$$

$$C \text{ PVC} = 150$$

$$As = \frac{Q}{v} = 0,06 \quad \text{m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times As}{\pi}} = 0,28 \quad \text{m}$$

$$\text{Diameter pasaran} = 285 \quad \text{mm}$$

$$\text{Outer diameter} = 315 \quad \text{mm}$$

$$V \text{ cek} = \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2} = 1,41 \quad \text{m/s}$$

$$\text{Panjang pipa} = 15 \quad \text{m}$$

$$H_f = \left( \frac{Q_{intake}}{0,2875 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L_{pipa} = 0,0159 \quad \text{m}$$

Minor Losses

$$\text{Head velocity} = \frac{v^2}{2g} = 0,102 \quad \text{m}$$

$$K \text{ belokan} = 0,4$$

$$K \text{ valve} = 0,3$$

$$\text{Jumlah belokan} = 6$$

$$\text{Jumlah valve} = 1$$

$$H_{fm} \text{ belokan} = \frac{v^2}{2g} \times k \times \text{jumlah belokan} = 0,244 \quad \text{m}$$

$$H_{fm} \text{ valve} = \frac{v^2}{2g} \times k \times \text{jumlah valve} = 0,030 \quad \text{m}$$

$$H_f \text{ minor losses} = H_v + H_f \text{ belokan} + H \text{ valve} = 0,284 \quad \text{m}$$

Saluran cabang

$$Q = 0,045 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

$$v = 1,5 \quad \text{m/s}$$

$$C = 120$$

As	=	$Q/v$	
	=	0,03	m <sup>2</sup>
D	=	$\sqrt{\frac{4 \times As}{\pi}}$	
	=	0,20	m
Diameter pasaran	=	203,4	mm
Outer diameter	=	225	mm
V cek	=	$\frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}$	
	=	1,39	m/s
Panjang pipa	=	1	m
Hf	=	$\left( \frac{Q_{intake}}{0,2875 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L_{pipa}$	
	=	0,0023	m
Hf total	=	$\Sigma H_f + H_{minor}$	
	=	0,394	m

### KARBON AKTIF – BAK PENGUMPUL

Saluran utama

Q	=	0,09	m <sup>3</sup> /s
v	=	1,5	m/s
C PVC	=	150	
As	=	$Q/v$	
	=	0,06	m <sup>2</sup>
D	=	$\sqrt{\frac{4 \times As}{\pi}}$	
	=	0,28	m
Diameter pasaran	=	285	mm
Outer diameter	=	315	mm
V cek	=	$\frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}$	
	=	1,41	m/s
Panjang pipa	=	4	m
Hf	=	$\left( \frac{Q_{intake}}{0,2875 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L_{pipa}$	
	=	0,0042	m

## Minor Losses

Head velocity	$= \frac{v^2}{2g}$	
	$= 0,102$	m
K belokan	$= 0,4$	
K valve	$= 0,3$	
Jumlah belokan	$= 4$	
Jumlah valve	$= 1$	
Hfm belokan	$= \frac{v^2}{2g} \times k \times \text{jumlah belokan}$	
	$= 0,162$	m
Hfm valve	$= \frac{v^2}{2g} \times k \times \text{jumlah valve}$	
	$= 0,030$	m
Hf minor losses	$= H_v + H_f \text{ belokan} + H \text{ valve}$	
	$= 0,294$	m
Saluran cabang		
Q	$= 0,045$	m <sup>3</sup> /s
v	$= 1,5$	m/s
C	$= 120$	
As	$= Q/v$	
	$= 0,03$	m <sup>2</sup>
D	$= \sqrt{\frac{4 \times A_s}{\pi}}$	
	$= 0,20$	m
Diameter pasaran	$= 203,4$	mm
Outer diameter	$\frac{225}{Q}$	mm
V cek	$= \frac{1}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}$	
	$= 1,39$	m/s
Panjang pipa	$= 1$	m
Hf	$= \left( \frac{Q_{intake}}{0,2875 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L_{pipa}$	
	$= 0,0023$	m
Hf total	$= \Sigma H_f + H_{minor}$	
	$= 0,301$	m

## RO - RESERVOIR

Saluran utama

$$Q = 0,09 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

$$v = 1,5 \quad \text{m/s}$$

$$C \text{ PVC} = 150$$

$$As = Q/v$$

$$= 0,06 \quad \text{m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times As}{\pi}}$$

$$= 0,28 \quad \text{m}$$

$$\text{Diameter pasaran} = 285 \quad \text{mm}$$

$$\text{Outer diameter} = 315 \quad \text{mm}$$

$$V \text{ cek} = \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}$$

$$= 1,41 \quad \text{m/s}$$

$$\text{Panjang pipa} = 10,35 \quad \text{m}$$

$$H_f = \left( \frac{Q_{intake}}{0,2875 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L_{pipa}$$

$$= 0,0109 \quad \text{m}$$

Minor Losses

$$\text{Head velocity} = \frac{v^2}{2g}$$

$$= 0,102 \quad \text{m}$$

$$K \text{ belokan} = 0,4$$

$$K \text{ valve} = 0,3$$

$$\text{Jumlah belokan} = 3$$

$$\text{Jumlah valve} = 1$$

$$H_{fm} \text{ belokan} = \frac{v^2}{2g} \times k \times \text{jumlah belokan}$$

$$= 0,122 \quad \text{m}$$

$$H_{fm} \text{ valve} = \frac{v^2}{2g} \times k \times \text{jumlah valve}$$

$$= 0,061 \quad \text{m}$$

$$H_f \text{ minor losses} = H_v + H_f \text{ belokan} + H \text{ valve}$$

$$= 0,284 \quad \text{m}$$

$$H_f \text{ total} = \Sigma H_f + H_{minor}$$

$$= 0,265 \quad \text{m}$$

## FILTER-BAK PENGERING

Saluran utama

$$Q = 0,09 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

$$v = 1,5 \quad \text{m/s}$$

$$C \text{ PVC} = 150$$

$$As = \frac{Q}{v} = 0,06 \quad \text{m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times As}{\pi}} = 0,28 \quad \text{m}$$

$$\text{Diameter pasaran} = 285 \quad \text{mm}$$

$$\text{Outer diameter} = 315 \quad \text{mm}$$

$$V \text{ cek} = \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2} = 1,41 \quad \text{m/s}$$

$$\text{Panjang pipa} = 18 \quad \text{m}$$

$$H_f = \left( \frac{Q_{intake}}{0,2875 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L_{pipa} = 0,0190 \quad \text{m}$$

Minor Losses

$$\text{Head velocity} = \frac{v^2}{2g} = 0,102 \quad \text{m}$$

$$K \text{ belokan} = 0,4$$

$$K \text{ valve} = 0,3$$

$$\text{Jumlah belokan} = 3$$

$$\text{Jumlah valve} = 2$$

$$H_{fm} \text{ belokan} = \frac{v^2}{2g} \times k \times \text{jumlah belokan} = 0,122 \quad \text{m}$$

$$H_{fm} \text{ valve} = \frac{v^2}{2g} \times k \times \text{jumlah valve} = 0,061 \quad \text{m}$$

$$H_f \text{ minor losses} = H_v + H_f \text{ belokan} + H \text{ valve} = 0,284 \quad \text{m}$$

Saluran cabang

$$Q = 0,045 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

$$v = 1,5 \quad \text{m/s}$$

$$C = 120$$



As	=	$Q/v$	
	=	0,03	m <sup>2</sup>
D	=	$\sqrt{\frac{4 \times As}{\pi}}$	
	=	0,20	m
Diameter pasaran	=	203,4	mm
Outer diameter	=	225	mm
V cek	=	$\frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}$	
	=	1,39	m/s
Panjang pipa	=	11,5	m
Hf	=	$\left( \frac{Q_{intake}}{0,2875 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L_{pipa}$	
	=	0,0263	m
Hf total	=	$\Sigma H_f + H_{minor}$	
	=	0,330	m

## Lampiran 2 Perhitungan BOQ dan RAB

### INTAKE

Diameter luar (od)	=	3	m
Kedalaman (H)	=	10	m
Jumlah	=	2	unit
Tebal sumur (caisson)	=	0,7	m
Diameter dalam (id)	=	1,6	m
Volume bangunan			
Luas permukaan id (A id)	=	$1/4 \pi \times id^2$	
	=	2,679	$m^2$
Volume id (V id)	=	$L id \times H$	
	=	26,795	$m^3$
Luas permukaan od (A od)	=	$1/4 \pi \times od^2$	
	=	7,065	$m^2$
Volume od (V od)	=	$L od \times H$	
	=	70,65	$m^3$
Volume beton	=	$V od - V id$	
	=	43,855	$m^3$
Volume total	=	43,855	$m^3/unit$
	=	87,711	$m^3$
Biaya	=	Rp 6.395.469,00	
Harga paket dinding beton bertulang (200 kg besi + bekisting)			
Total biaya	=	Rp560.950.850	
Volume plat dasar	=	$A od \times tebal$	
	=	4,946	$m^3/unit$
	=	9,891	$m^3$
Biaya	=	Rp 3.057.799,15	
Pekerjaan plat tutup beton ( 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr)			
Total biaya	=	Rp 15.122.345,70	
Volume galian	=	dengan deviasi radius 1 m	
Diameter galian (d gal)	=	5	m
Luas permukaan galian (A gal)	=	$1/4 \pi \times d gal^2$	
	=	19,625	$m^2$
Volume galian	=	$A gal \times (H+tebal plat)$	
	=	209,988	$m^3/unit$
	=	419,975	$m^3$
Volume galian pipa sadap			
Jumlah (n)	=	12	pipa
Panjang (P)	=	50	m
Kedalaman (H)	=	Kedalaman sumur + filter	

	=	11,2	m
Lebar (L)	=	2,3	m
Volume galian (V gal)	=	$P \times L \times H$	
	=	1288	$m^3/\text{pipa}$
	=	15456	$m^3$
Volume galian total	=	$419,975 + 15456$	
	=	15875,975	$m^3$
Biaya	=	Rp 32.403,32	
Biaya untuk penggalian tanah pasir berlumpur dengan alat berat			
Total biaya	=	Rp514.434.298	
Volume urug			
Panjang (P)	=	50	
Kedalaman (H)	=	8,5	m
Lebar (L)	=	2,3	
Volume urug	=	$P \times L \times H$	
	=	977,5	$m^3/\text{pipa}$
	=	11730	$m^3$
Biaya	=	Rp 12.378,00	
Biaya untuk pengurugan tanah kembali untuk konstruksi			
Total biaya	=	Rp145.193.940	
Volume tanah buangan	=	$V \text{ gal total} - V \text{ urug}$	
	=	4145,975	$m^3$
Biaya pengangkutan	=	Rp 26.250,00	
Pengangkutan tanah berlumpur dari kedalaman lebih dari 1 meter			
Total Biaya	=	Rp108.831.844	

### **Bangunan Rumah intake**

Panjang id (P id)	=	5,5	m
Lebar id (L id)	=	3,5	m
Kedalaman (H)	=	3,5	m
Jumlah (n)	=	2	unit
Tebal dinding	=	0,15	m
Panjang od (P od)	=	5,8	m
Lebar od (L od)	=	3,8	m
Volume bangunan			
Luas permukaan id (A id)	=	$P \text{ id} \times L \text{ id}$	
	=	19,25	$m^2$
Volume id (V id)	=	$L \text{ id} \times H$	
	=	67,375	$m^3$
Luas permukaan od (A od)	=	$P \text{ od} \times L \text{ od}$	
	=	22,04	$m^2$

Volume od (V od)	=	L od × H	
	=	77,140	m <sup>3</sup>
Volume bata	=	V od - Vid	
	=	9,765	m <sup>3</sup> /unit
	=	19,530	m <sup>3</sup>
Biaya	=	Rp 129.955,60	
Biaya pemasangan dinding batu merah 1 Pc : 5 Pp tebal ½ bata			
Total biaya	=	Rp 2.538.032,87	
Biaya pemasangan tegel keramik 30x30 cm polos beserta plester			
Luas lantai	=	19,250	m <sup>2</sup>
Biaya	=	Rp 226.459,00	
Total biaya	=	Rp 8.718.671,50	
Biaya pemasangan atap genteng galvalume dengan rangka galvalume 0,5 mm			
h atap	=	1,5	m
		$\sqrt{\frac{1}{2}L^2 \times h^2}$	
sisi miring atap	=	2,42	m
		sisi miring x	
A satu sisi	=	P	
	=	14,040	m <sup>2</sup>
		2 x A satu	
A atap	=	sisi	
	=	28,08	m <sup>2</sup> /unit
	=	56,16	m <sup>2</sup>
Biaya rangka	=	Rp 223.315,00	
Biasa pasang	=	Rp 321.300,00	
Biaya pekerjaan atap	=	Rp 544.615,00	
Total biaya	=	Rp 30.586.261,10	

### FLASH MIX

Panjang id (P id)	=	1	m
Lebar id (L id)	=	1	m
Kedalaman (H)	=	1,3	m
Jumlah (n)	=	2	unit
Tebal dinding	=	0,15	m
Panjang od (P od)	=	1,3	m
Lebar od (L od)	=	1,3	m
Volume bangunan			
Luas permukaan id (A id)	=	P id × L id	

	=	1	m <sup>2</sup>
Volume id (V id)	=	L id × H	
	=	1,3	m <sup>3</sup>
Luas permukaan od (A od)	=	P od × L od	
	=	1,69	m <sup>2</sup>
Volume od (V od)	=	L od × H	
	=	2,197	m <sup>3</sup>
Volume beton	=	V od - Vid	
	=	0,897	m <sup>3</sup>
Volume total	=	0,897	m <sup>3</sup> /unit
	=	1,794	m <sup>3</sup>
Biaya	=	Rp 6.385.469,00	
Harga paket dinding beton bertulang (200 kg besi + bekisting)			
Total biaya	=	Rp 11.473.471,39	
		L od ×	
Volume plat dasar	=	tebal	
	=	0,254	m <sup>3</sup> /unit
	=	0,507	m <sup>3</sup>
Biaya	=	Rp 3.057.799,15	
Pekerjaan plat tutup beton ( 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr)			
Total biaya	=	Rp 1.550.304,17	

### BAK PENGUMPUL

Panjang id (P id)	=	7,4	m
Lebar id (L id)	=	3,7	m
Kedalaman (H)	=	2	m
Jumlah (n)	=	1	unit
Tebal dinding	=	0,15	m
Panjang od (P od)	=	7,7	m
Lebar od (L od)	=	4	m
Volume bangunan			
Luas permukaan id (A id)	=	P id × L id	
	=	27,38	m <sup>2</sup>
Volume id (V id)	=	L id × H	
	=	54,76	m <sup>3</sup>
Luas permukaan od (A od)	=	P od × L od	
	=	30,8	m <sup>2</sup>
Volume od (V od)	=	L od × H	
	=	61,60	m <sup>3</sup>
Volume beton	=	V od - Vid	
	=	6,84	m <sup>3</sup>
Biaya	=	Rp 6.385.469,00	
Harga paket dinding beton bertulang (200 kg besi + bekisting)			

Total biaya	=	Rp 43.745.007,96
Volume plat dasar	=	L od × tebal
	=	4,62 m <sup>3</sup>
Volume plat penutup	=	L od × tebal
	=	4,62 m <sup>3</sup>
Volume total plat	=	9,240 m <sup>3</sup> /unit
	=	9,240 m <sup>3</sup>
Biaya	=	Rp 3.057.799,15
Pekerjaan plat tutup beton ( 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr)		
Total biaya	=	Rp 28.254.064,15

### **Bangunan RO**

Panjang id (P id)	=	9 m
Lebar id (L id)	=	7 m
Kedalaman (H)	=	3,5 m
Jumlah (n)	=	1 unit
Tebal dinding	=	0,15 m
Panjang od (P od)	=	9,3 m
Lebar od (L od)	=	7,3 m
Volume bangunan		
Luas permukaan id (A id)	=	P id × L id
	=	63 m <sup>2</sup>
Volume id (V id)	=	L id × H
	=	220,5 m <sup>3</sup>
Luas permukaan od (A od)	=	P od × L od
	=	67,89 m <sup>2</sup>
Volume od (V od)	=	L od × H
	=	237,615 m <sup>3</sup>
Volume bata	=	V od - Vid
	=	17,115 m <sup>3</sup>
Biaya pemasangan dinding batu merah 1 Pc : 5 Pp tebal ½ bata		
Biaya	=	Rp 129.955,60
Total biaya	=	Rp 2.224.190,09
Biaya pemasangan tegel keramik 30x30 cm polos beserta plester		
Luas lantai	=	38,5 m <sup>2</sup>
Biaya	=	Rp 226.459,00
Total biaya	=	Rp 14.266.917,00
Biaya pemasangan atap genteng galvalume dengan rangka galvalume 0,5 mm		

Tinggi atap (h atap)	=	1,5	m
sisi miring atap	=	$\sqrt{\frac{1}{2}L^2 \times h^2}$	
	=	3,95	m
Luas Permukaan satu sisi (A)	=	sisi miring x P	
	=	36,7	m <sup>2</sup>
Luas permukaan atap (A atap)	=	2 x A satu sisi	
	=	73,40	m <sup>2</sup>
Biaya rangka	=	Rp 223.315,00	
Biasa pasang	=	Rp 321.300,00	
Biaya pekerjaan atap	=	Rp 544.615,00	
Total biaya	=	Rp 39.974.377,80	

### FLOKULASI

Panjang id (P id)	=	14,23	m
Lebar id (L id)	=	7,12	m
Kedalaman (H)	=	1,5	m
Jumlah (n)	=	2	unit
Tebal dinding	=	0,15	m
Panjang od (P od)	=	14,53	m
Lebar od (L od)	=	7,42	m
Volume bangunan	=		
Luas permukaan id (A id)	=	P id x L id	
	=	101,25	m <sup>2</sup>
Volume id (V id)	=	L id x H	
	=	151,87	m <sup>3</sup>
Luas permukaan od (A od)	=	P od x L od	
	=	107,74	m <sup>2</sup>
Volume od (V od)	=	L od x H	
	=	161,61	m <sup>3</sup>
Volume beton	=	V od - Vid	
	=	9,74	m <sup>3</sup>
Sekat utama			
Panjang (P)	=	11	m
Tebal (L)	=	0,15	m
Kedalaman (h)	=	1,5	m
Jumlah (n)	=	2	sekat
Volume beton sekat	=	P x tebal x h x n	
	=	4,95	m <sup>3</sup>
Sekat kompartemen 1			

Panjang (P)	=	1,15	m
Tebal (L)	=	0,1	m
Kedalaman (h)	=	1,5	m
Jumlah (n)	=	67	sekat
Volume beton sekat	=	$P \times \text{tebal} \times h \times n$	
	=	11,558	$m^3$
Sekat kompartemen 2			
Panjang (P)	=	1,0	m
Tebal (L)	=	0,10	m
Kedalaman (h)	=	1,5	m
Jumlah (n)	=	36	sekat
Volume beton sekat	=	$P \times \text{tebal} \times h \times n$	
	=	5,40	$m^3$
Sekat kompartemen 3			
Panjang (P)	=	0,8	m
Tebal (L)	=	0,1	m
Kedalaman (h)	=	1,5	m
Jumlah (n)	=	23	sekat
Volume beton sekat	=	$P \times \text{tebal} \times h \times n$	
	=	2,76	$m^3$
Volume beton total	=	34,408	$m^3/\text{unit}$
	=	68,816	$m^3$
Biaya	=	Rp 6.395.469,00	
Total biaya	=	Rp 440.109.550,87	
Volume plat dasar	=	$L \text{ od} \times \text{tebal}$	
	=	16,162	$m^3/\text{unit}$
	=	32,323	$m^3$
Biaya	=	Rp 3.057.799,15	
Pekerjaan plat tutup beton ( 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr)			
Total biaya	=	Rp 98.837.497,80	

## RESERVOIR

Panjang id (P id)	=	30	m
Lebar id (L id)	=	15	m
Kedalaman (H)	=	3,3	m
Jumlah (n)	=	1	unit
Tebal dinding	=	0,15	m
Tebal lantai	=	0,3	m
Tebal tutup	=	0,15	m
Panjang od (P od)	=	30,3	m
Lebar od (L od)	=	15,3	m
Volume bangunan	=		
Luas permukaan id (A id)	=	$P \text{ id} \times L \text{ id}$	



	=	450	m <sup>2</sup>
Volume id (V id)	=	L id × H	
	=	1485	m <sup>3</sup>
Luas permukaan od (A od)	=	P od × L od	
	=	463,59	m <sup>2</sup>
Volume od (V od)	=	L od × H	
	=	1529,847	m <sup>3</sup>
Volume beton	=	V od - Vid	
	=	44,847	m <sup>3</sup>
Sekat utama	=		
Panjang (P)	=	21	m
Tebal (L)	=	0,15	m
Kedalaman (h)	=	3,3	m
Jumlah (n)	=	4	Sekat
Volume beton sekat	=	P x tebal x h x n	
	=	41,580	m <sup>3</sup>
Volume beton total	=	225,504	m <sup>3</sup> /unit
	=	225,504	m <sup>3</sup>
Biaya	=	Rp 6.395.469,00	
Harga paket dinding beton bertulang (200 kg besi + bekisting)			
Total biaya	=	Rp 1.442.203.841,38	

Volume plat dasar	=	L od × tebal lantai	
	=	139,077	m <sup>3</sup>
Volume plat penutup	=	L od × tebal tutup	
	=	69,539	m <sup>3</sup>
Volume total plat	=	208,616	m <sup>3</sup> /unit
	=	208,616	m <sup>3</sup>
Biaya	=	Rp 3.057.799,15	
Pekerjaan plat tutup beton ( 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr)			
Total biaya	=	Rp 637.904.298,58	

Volume galian			
Lebar galian (L gal)	=	16,3	m
Panjang galian (P gal)	=	31,3	m
Luas permukaan galian (A gal)	=	P x L	
	=	510,19	m <sup>2</sup>
Volume galian (V gal)	=	A gal × (H+tebal plat)	
	=	1836,68	m <sup>3</sup> /unit
	=	1836,68	m <sup>3</sup>
Biaya	=	Rp 77.250,00	

Biaya penggalian tanah biasa untuk konstruksi		
Total biaya	=	Rp 141.883.839,00
		V galian - V
Volume urug	=	od
	=	306,84 m <sup>3</sup>
Biaya	=	Rp 12.378,00
Biaya pengurugan tanah kembali untuk konstruksi		
Total biaya	=	Rp 3.798.028,39
Volume tanah buangan	=	V gal total - V urug
	=	1529,847 m <sup>3</sup>
Biaya pengangkutan	=	Rp 41.275,00
Biaya pengangkutan tanah ke luar lokasi proyek		
Total Biaya	=	Rp 63.144.434,93

### **SEDIMENTASI**

Panjang id (P id)	=	28	m
Lebar id (L id)	=	67	m
Kedalaman (H)	=	2,10	m
Jumlah (n)	=	2	unit
tebal dinding	=	0,15	m
Panjang od (P od)	=	28,3	m
Lebar od (L od)	=	7,3	m
Ruang pengendapan			
Luas permukaan id (A id)	=	P id × L id	
	=	196	m <sup>2</sup>
Volume id (V id)	=	L id × H	
	=	411,6	m <sup>3</sup>
Luas permukaan od (A od)	=	P od × L od	
	=	206,59	m <sup>2</sup>
Volume od (V od)	=	L od × H	
	=	433,839	m <sup>3</sup>
Volume beton	=	V od - Vid	
	=	22,239	m <sup>3</sup>
Ruang lumpur	=		
1 adalah sisi atas dan 2 adalah sisi bawah			
h	=	0,8	m
Panjang atas id (P 1 id)	=	10	m
Lebar atas id (L 1 id)	=	7	m
Panjang bawah id (P 2 id)	=	6	m
Lebar bawah id (L 2 id)	=	3	m
Luas permukaan atas id (A 1 id)	=	70	m <sup>2</sup>
Luas permukaan bawah id (A 2 id)	=	18	m <sup>2</sup>

Volume lumpur (V)	=	32,847	m <sup>3</sup>
Tebal dinding (L)	=	0,15	m
Panjang atas od (P 1 od)	=	10,3	m
Lebar atas od (L 1 od)	=	7,3	m
Panjang bawah od (P 2 od)	=	6,3	m
Lebar bawah od (L 2 od)	=	3,3	m
Luas permukaan atas od (A 1 od)	=	75,19	m <sup>2</sup>
Luas permukaan bawah od (A 2 od)	=	20,79	m <sup>2</sup>
Volume	=	35,392	m <sup>3</sup>
Volume beton	=	2,544	m <sup>3</sup>
Dinding baffle			
Kedalaman (h)	=	2,1	m
Tebal	=	0,15	m
Lebar (L id)	=	6,50	m
Volume beton	=	1,95	m <sup>3</sup>
Dinding penyangga settler			
Kedalaman (h)	=	1,55	m
Tebal	=	0,15	m
Lebar (L id)	=	7	m
Volume beton	=	2,205	m <sup>3</sup>
Saluran pengumpul			
Tebal	=	0,15	m
Lebar (L od)	=	6,8	m
Kedalaman (h)	=	0,6	m
Volume dinding (V dinding)	=	0,613	m <sup>3</sup>
Panjang (P)	=	0,4	m
Volume dinding (V dinding)	=	0,613	m <sup>3</sup>
Volume beton total	=	29,345	m <sup>3</sup> /unit
	=	58,689	m <sup>3</sup>
Biaya	=	Rp 6.395.469,00	
Harga paket dinding beton bertulang (200 kg besi + bekisting)			
Total biaya	=	Rp375.345.046	
Plat dasar ruang lumpur			
tebal	=	0,15	m
Luas permukaan bawah od (A 2 od)	=	20,79	m <sup>2</sup>
Volume	=	3,119	m <sup>3</sup>
Plat dasar ruang pengendapan ke plate settler			
tebal	=	0,15	m

	A od pengendapan - A 1 od	
Luas permukaan (A)	=	ruang lumpur
	=	131,4 m <sup>2</sup>
Volume	=	19,71 m <sup>3</sup>
Volume plat saluran	=	0,602 m <sup>3</sup>
Total volume plat	=	23,431 m <sup>3</sup> /unit
	=	46,862 m <sup>3</sup>
Biaya	=	Rp 3.057.799,15
Pekerjaan plat tutup beton ( 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr)		
Total biaya	=	Rp143.293.055
Volume galian	=	Ruang lumpur dengan deviasi radius 1 m
Panjang galian (P gal)	=	P 1 od + 1
	=	11,3 m
Lebar galian (L gal)	=	L 1 od +1
	=	8,3 m
Luas permukaan galian (A gal)	=	93,79 m <sup>2</sup>
Kedalaman (h)	=	h ruang lumpur + tebal plat
	=	0,95 m
Volume galian (V gal)	=	A gal × h
	=	89,10 m <sup>3</sup> /unit
	=	178,201 m <sup>3</sup>
Biaya	=	Rp 377.250,00
Biaya galian tanah konstruksi biasa		
Total biaya	=	Rp13.766.027
Volume urug		
Volume urug	=	V gal - V od Ruang lumpur
	=	53,709 m <sup>3</sup> /unit
	=	107,418 m <sup>3</sup>
Biaya	=	Rp 12,378.00
Total biaya	=	Rp1.329.617
Volume tanah buangan	=	V gal total - V urug
	=	70,18 m <sup>3</sup>
Biaya pengangkutan	=	Rp 41.275
Total Biaya	=	Rp 2.921.577

### BAK PENERING

Panjang id (P id)	=	19 m
Lebar id (L id)	=	10 m
Kedalaman (H)	=	0,8 m
Jumlah (n)	=	2 unit
tebal	=	0,15 m

Panjang od (P od)	=	19,3	m
Lebar od (L od)	=	10,3	m
Volume bangunan			
Luas permukaan id (A id)	=	P id × L id	
	=	190	m <sup>2</sup>
Volume id (V id)	=	L id × H	
	=	152	m <sup>3</sup>
Luas permukaan od (A od)	=	P od × L od	
	=	198,79	m <sup>2</sup>
Volume od (V od)	=	L od × H	
	=	159,032	m <sup>3</sup>
Volume beton	=	V od - Vid	
	=	7,032	m <sup>3</sup>
Volume total	=	7,032	m <sup>3</sup> /unit
	=	14,064	m <sup>3</sup>
Biaya	=	Rp 6.395.469,00	
Harga paket dinding beton bertulang (200 kg besi + bekisting)			
Total biaya	=	Rp89.945.876	
Volume plat dasar	=	L od × tebal	
	=	29,819	m <sup>3</sup> /unit
	=	59,637	m <sup>3</sup>
Biaya	=	Rp 3.057.799,15	
Pekerjaan plat tutup beton ( 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr)			
Total biaya	=	Rp91.178.984	

#### **BAK PENGUMPUL NIGARI SEMENTARA**

Panjang id (P id)	=	8	m
Lebar id (L id)	=	4	m
Kedalaman (H)	=	2	m
Jumlah (n)	=	1	unit
tebal	=	0,15	m
Panjang od (P od)	=	8,3	m
Lebar od (L od)	=	4,3	m
Volume bangunan			
Luas permukaan id (A id)	=	P id × L id	
	=	32	m <sup>2</sup>
Volume id (V id)	=	L id × H	
	=	64	m <sup>3</sup>
Luas permukaan od (A od)	=	P od × L od	
	=	35,69	m <sup>2</sup>
Volume od (V od)	=	L od × H	
	=	71,38	m <sup>3</sup>
Volume beton total	=	V od - Vid	

	=	7,380	m <sup>3</sup>
Biaya	=	Rp 6.395.469,00	
Harga paket dinding beton bertulang (200 kg besi + bekisting)			
Total biaya	=	Rp 47.198.561,00	
Volume plat dasar	=	L od × tebal	
	=	10,707	m <sup>3</sup>
Biaya	=	Rp 3.057.799,15	
Pekerjaan plat tutup beton ( 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr)			
Total biaya	=	Rp32.739.855	

### **Gudang Hasil Garam**

Panjang id (P id)	=	15	m
Lebar id (L id)	=	10	m
Kedalaman (H)	=	3,5	m
Jumlah (n)	=	1	unit
tebal	=	0,15	m
Panjang od (P od)	=	15,3	m
Lebar od (L od)	=	10,3	m
Volume bangunan			
Luas permukaan id (A id)	=	P id × L id	
	=	150	m <sup>2</sup>
Volume id (V id)	=	L id × H	
	=	525	m <sup>3</sup>
Luas permukaan od (A od)	=	P od × L od	
	=	158	m <sup>2</sup>
Volume od (V od)	=	L od × H	
	=	552	m <sup>3</sup>
Volume bata	=	V od - Vid	
	=	26,565	m <sup>3</sup>
Biaya pemasangan dinding batu merah 1 Pc : 5 Pp tebal ½ bata			
Biaya	=	Rp 129.955,60	
Total biaya	=	Rp 3.452.271,00	
Biaya pemasangan tegel keramik 30x30 cm polos beserta plester			
Luas lantai	=	150	m <sup>2</sup>
Biaya	=	Rp 226.459.000,00	
Total biaya	=	Rp 33.968.850	
Biaya pemasangan atap genteng galvalume dengan rangka galvalume 0,5 mm			
h atap	=	1.5	m
sisi miring atap	=	$\sqrt{\frac{1}{2}L^2 + h^2}$	
	=	5,36	m

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan satu sisi} &= \text{sisi miring} \times P \\ (\text{A satu sisi}) &= 82,069 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan atap (A atap)} &= 2 \times \text{A satu sisi} \\ &= 164,14 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya rangka} &= \text{Rp } 223.315,00 \\ \text{Biaya pasang} &= \text{Rp } 321.300,00 \\ \text{Biaya pekerjaan atap} &= \text{Rp } 544.615,00 \\ \text{Total biaya} &= \text{Rp } 89.392.241 \end{aligned}$$

### **GUDANG NIGARI**

$$\begin{aligned} \text{Panjang id (P id)} &= 73,2 \quad \text{m} \\ \text{Lebar id (L id)} &= 61 \quad \text{m} \\ \text{Kedalaman (H)} &= 3,5 \quad \text{m} \\ \text{Jumlah (n)} &= 1 \quad \text{unit} \\ \text{tebal} &= 0,15 \quad \text{m} \\ \text{Panjang od (P od)} &= 73,5 \quad \text{m} \\ \text{Lebar od (L od)} &= 61,3 \quad \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bangunan} &= P \text{ id} \times L \text{ id} \\ \text{Luas permukaan id (A id)} &= 4465 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume id (V id)} &= L \text{ id} \times H \\ &= 15628 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan od (A od)} &= P \text{ od} \times L \text{ od} \\ &= 4506 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume od (V od)} &= L \text{ od} \times H \\ &= 15769 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bata} &= V \text{ od} - V \text{ id} \\ &= 141,23 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

Biaya pemasangan dinding batu merah 1 Pc : 5 Pp tebal  $\frac{1}{2}$  bata

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= \text{Rp } 129.955,60 \\ \text{Total biaya} &= \text{Rp } 18.352.980 \end{aligned}$$

Biaya pemasangan tegel keramik 30x30 cm polos beserta plester

$$\begin{aligned} \text{Luas lantai} &= 4465,20 \quad \text{m}^2 \\ \text{Biaya} &= \text{Rp } 226.459,00 \\ \text{Total biaya} &= \text{Rp } 1.011.184.727 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya pemasangan atap genteng galvalume dengan rangka galvalume 0,5 mm} &= 1,5 \quad \text{m} \\ \text{h atap} &= 1,5 \quad \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{sisi miring atap} &= \sqrt{\frac{1}{2} L^2 \times h^2} \\ &= 30,69 \quad \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan satu sisi} \\ \text{(A satu sisi)} &= \text{sisi miring} \times P \\ &= 2255,471 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan atap (A} \\ \text{atap)} &= 2 \times \text{A satu sisi} \\ &= 4510,94 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Biaya rangka} = \text{Rp } 223.315,00$$

$$\text{Biaya pasang} = \text{Rp } 321.300,00$$

$$\text{Biaya pekerjaan atap} = \text{Rp } 544.615,00$$

$$\text{Total biaya} = \text{Rp } 2.456.726.878$$

### **GUDANG B3**

$$\text{Panjang id (P id)} = 8 \quad \text{m}$$

$$\text{Lebar id (L id)} = 5 \quad \text{m}$$

$$\text{Kedalaman (H)} = 3,5 \quad \text{m}$$

$$\text{Jumlah (n)} = 1 \quad \text{unit}$$

$$\text{tebal} = 0,15 \quad \text{m}$$

$$\text{Panjang od (P od)} = 8,3 \quad \text{m}$$

$$\text{Lebar od (L od)} = 5,3 \quad \text{m}$$

Volume bangunan

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan id (A id)} &= P \text{ id} \times L \text{ id} \\ &= 40 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume id (V id)} &= L \text{ id} \times H \\ &= 140 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan od (A od)} &= P \text{ od} \times L \text{ od} \\ &= 44 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume od (V od)} &= L \text{ od} \times H \\ &= 154 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bata} &= V \text{ od} - V \text{ id} \\ &= 13,965 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

Biaya pemasangan dinding batu merah 1 Pc : 5 Pp tebal ½ bata

$$\text{Biaya} = \text{Rp } 129.955,60$$

$$\text{Total biaya} = \text{Rp } 1.814.830$$

Biaya pemasangan tegel keramik 30x30 cm polos beserta plester

$$\text{Luas lantai} = 4465,20 \quad \text{m}^2$$

$$\text{Biaya} = \text{Rp } 226.459,00$$

$$\text{Total biaya} = \text{Rp } 9.058.360$$

Biaya pemasangan atap genteng galvalume dengan rangka



galvalume 0,5 mm		
h atap	=	1,5 m
sisi miring atap	=	$\sqrt{\frac{1}{2}L^2 \times h^2}$
	=	3,05 m
Luas permukaan satu sisi (A satu sisi)	=	sisi miring x P
	=	25,274 m <sup>2</sup>
Luas permukaan atap (A atap)	=	2 x A satu sisi
	=	50,55 m <sup>2</sup>
Biaya rangka	=	Rp 223.315,00
Biaya pasang	=	Rp 321.300,00
Biaya pekerjaan atap	=	Rp 544.615,00
Total biaya	=	Rp 27.529.360

#### **BANGUNAN POS PENJAGA**

Panjang id (P id)	=	5 m
Lebar id (L id)	=	5 m
Kedalaman (H)	=	3,5 m
Jumlah (n)	=	1 unit
tebal	=	0,15 m
Panjang od (P od)	=	5,3 m
Lebar od (L od)	=	5,3 m
Volume bangunan		
Luas permukaan id (A id)	=	P id × L id
	=	25 m <sup>2</sup>
Volume id (V id)	=	L id × H
	=	88 m <sup>3</sup>
Luas permukaan od (A od)	=	P od × L od
	=	28 m <sup>2</sup>
Volume od (V od)	=	L od × H
	=	98 m <sup>3</sup>
Volume bata	=	V od - Vid
	=	10,815 m <sup>3</sup>
Biaya pemasangan dinding batu merah 1 Pc : 5 Pp tebal ½ bata		
Biaya	=	Rp 129.955,60
Total biaya	=	Rp 1.405.470
Biaya pemasangan tegel keramik 30x30 cm polos beserta plester		
Luas lantai	=	25 m <sup>2</sup>
Biaya	=	Rp 226.459,00

Total biaya	=	Rp 9.058.360
Biaya pemasangan atap genteng galvalume dengan rangka galvalume 0,5 mm		
h atap	=	1,5 m
sisi miring atap	=	$\sqrt{\frac{1}{2}L^2 \times h^2}$
	=	3,05 m
Luas permukaan satu sisi (A satu sisi)	=	sisi miring x P
	=	16,139 m <sup>2</sup>
Luas permukaan atap (A atap)	=	2 x A satu sisi
	=	32,28 m <sup>2</sup>
Biaya rangka	=	Rp 223.315,00
Biaya pasang	=	Rp 321.300,00
Biaya pekerjaan atap	=	Rp 544.615,00
Total biaya	=	Rp 17.578.989

#### **BANGUNAN KANTOR ADMINISTRASI**

Panjang id (P id)	=	15 m
Lebar id (L id)	=	9 m
Kedalaman (H)	=	3,5 m
Jumlah (n)	=	1 unit
tebal	=	0,15 m
Panjang od (P od)	=	15,3 m
Lebar od (L od)	=	9,3 m
Volume bangunan		
Luas permukaan id (A id)	=	P id × L id
	=	135 m <sup>2</sup>
Volume id (V id)	=	L id × H
	=	473 m <sup>3</sup>
Luas permukaan od (A od)	=	P od × L od
	=	142 m <sup>2</sup>
Volume od (V od)	=	L od × H
	=	498 m <sup>3</sup>
Volume bata	=	V od - Vid
	=	25,515 m <sup>3</sup>
Biaya pemasangan dinding batu merah 1 Pc : 5 Pp tebal ½ bata		
Biaya	=	Rp 129.955,60
Total biaya	=	Rp3.315.817
Biaya pemasangan tegel keramik 30x30 cm polos beserta plester		

Luas lantai = 135 m<sup>2</sup>  
 Biaya = Rp 226.459,00  
 Total biaya = Rp 30.571.965  
 Biaya pemasangan atap genteng galvalume dengan rangka galvalume 0,5 mm

h atap = 1,5 m

sisi miring atap =  $\sqrt{\frac{1}{2}L^2 \times h^2}$   
 = 4,89 m

Luas permukaan satu sisi (A satu sisi) = sisi miring x P  
 = 74,755 m<sup>2</sup>

Luas permukaan atap (A atap) = 2 x A satu sisi  
 = 149,51 m<sup>2</sup>

Biaya rangka = Rp 223.315,00

Biaya pasang = Rp 321.300,00

Biaya pekerjaan atap = Rp 544.615,00

Total biaya = Rp 81.425.414

### **BANGUNAN LABORAORIUM**

Panjang id (P id) = 20 m

Lebar id (L id) = 8 m

Kedalaman (H) = 3,5 m

Jumlah (n) = 1 unit

tebal = 0,15 m

Panjang od (P od) = 20,3 m

Lebar od (L od) = 8,3 m

Volume bangunan

Luas permukaan id (A id) = P id × L id  
 = 160 m<sup>2</sup>

Volume id (V id) = L id × H  
 = 560 m<sup>3</sup>

Luas permukaan od (A od) = P od × L od  
 = 168 m<sup>2</sup>

Volume od (V od) = L od × H  
 = 590 m<sup>3</sup>

Volume bata = V od - Vid  
 = 29,715 m<sup>3</sup>

Biaya pemasangan dinding batu merah 1 Pc : 5 Pp tebal ½ bata  
 Biaya = Rp 129.955,60

Total biaya	=	Rp 3.861.631	
Biaya pemasangan tegel keramik 30x30 cm polos beserta plester			
Luas lantai	=	160	m <sup>2</sup>
Biaya	=	Rp 226.459,00	
Total biaya	=	Rp36.233.440	
Biaya pemasangan atap genteng galvalume dengan rangka galvalume 0,5 mm			
h atap	=	1,5	m
sisi miring atap	=	$\sqrt{\frac{1}{2}L^2 + h^2}$	
	=	4,41	m
Luas permukaan satu sisi (A satu sisi)	=	sisi miring x P	
	=	89,579	m <sup>2</sup>
Luas permukaan atap (A atap)	=	2 x A satu sisi	
	=	179,16	m <sup>2</sup>
Biaya rangka	=	Rp 223.315,00	
Biaya pasang	=	Rp 321.300,00	
Biaya pekerjaan atap	=	Rp 544.615,00	
Total biaya	=	Rp97.572.288	

#### **BANGUNAN GUDANG ALAT**

Panjang id (P id)	=	6	m
Lebar id (L id)	=	3	m
Kedalaman (H)	=	3,5	m
Jumlah (n)	=	1	unit
tebal	=	0,15	m
Panjang od (P od)	=	6,3	m
Lebar od (L od)	=	3,3	m
Volume bangunan			
Luas permukaan id (A id)	=	P id × L id	
	=	18	m <sup>2</sup>
Volume id (V id)	=	L id × H	
	=	63	m <sup>3</sup>
Luas permukaan od (A od)	=	P od × L od	
	=	21	m <sup>2</sup>
Volume od (V od)	=	L od × H	
	=	73	m <sup>3</sup>
Volume bata	=	V od - Vid	
	=	9,765	m <sup>3</sup>

Biaya pemasangan dinding batu merah 1 Pc : 5 Pp tebal ½ bata		
Biaya	=	Rp 129.955,60
Total biaya	=	Rp1.269.016
Biaya pemasangan tegel keramik 30x30 cm polos beserta plester		
Luas lantai	=	18 m <sup>2</sup>
Biaya	=	Rp 226.459,00
Total biaya	=	Rp 4.076.262
Biaya pemasangan atap genteng galvalume dengan rangka galvalume 0,5 mm		
h atap	=	1,5 m
sisi miring atap	=	$\sqrt{\frac{1}{2}L^2 + h^2}$
	=	2,23 m
Luas permukaan satu sisi (A satu sisi)	=	sisi miring x P
	=	14,048 m <sup>2</sup>
Luas permukaan atap (A atap)	=	2 x A satu sisi
	=	28,10 m <sup>2</sup>
Biaya rangka	=	Rp 223.315,00
Biaya pasang	=	Rp 321.300,00
Biaya pekerjaan atap	=	Rp 544.615,00
Total biaya	=	Rp 15.301.977

#### **PEMASANGAN ATAP TAMBAK GARAM**

Biaya pemasangan atap genteng galvalume dengan rangka galvalume 0,5 mm dengan pemasangan genteng datar.

A atap	=	10 Ha
	=	100.800,00 m <sup>2</sup>
Biaya rangka	=	Rp 223.315,00
	=	Rp 51.305,30 (atap fiber glass bening)
Biaya pasang	=	
Biaya pekerjaan atap	=	Rp 274.620,00
Total biaya	=	Rp27.681.726.240
	=	Rp2.768.172.624 /Ha

### Lampiran 3 Rekaplan Biaya Investasi

	ALAT	JUMLAH	SATUAN	HARGA SATUAN	TOTAL HARGA
<b>INTAKE</b>					
	Pekerjaan beton	87,711	m <sup>3</sup>	Rp6.395.469	Rp560.950.850
	Pekerjaan plat	9,891	m <sup>3</sup>	Rp3.057.799	Rp30.244.691
	Pekerjaan galian	15875,975	m <sup>3</sup>	Rp32.403	Rp514.434.298
	Pekerjaan urugan kembali	11730	m <sup>3</sup>	Rp12.378	Rp145.193.940
	Pengangkutan	4145,975	m <sup>3</sup>	Rp26.250	Rp108.831.844
	Pekerjaan dinding	19,530	m <sup>3</sup>	Rp129.956	Rp2.538.033
	Pekerjaan lantai	38,500	m <sup>2</sup>	Rp226.459	Rp8.718.672
	Pekerjaan atap	56,16	m <sup>2</sup>	Rp544.615	Rp30.586.261
	Pompa intake	4	unit	Rp171.745.200	Rp686.980.800
	Pipa Ø 225	83	batang	Rp 298,900.00	Rp24.808.700
	Pipa Ø 315	31	batang	Rp 738,300.00	Rp22.887.300
	Check valve Ø 225	2	unit	Rp 4,279,200.00	Rp8.558.400
	Gate valve Ø 225	3	unit	Rp 4,347,900.00	Rp13.043.700
	Pressure gauge	2	unit	Rp 210,000.00	Rp420.000
	Meter air Ø 225	2	unit	Rp 4,316,800.00	Rp8.633.600
	Bend 90 Ø 225	6	unit	Rp 1,103,600.00	Rp6.621.600
	Bend 90 Ø 315	2	unit	Rp 2,627,600.00	Rp5.255.200
	Reducer 315 x 225	4	unit	Rp 1,368,100.00	Rp5.472.400

	ALAT	JUMLAH	SATUAN	HARGA SATUAN	TOTAL HARGA
	Tee Ø 315	2	unit	Rp 2,635,100.00	Rp5.270.200
	Perforated pipe Ø 300	600	m	Rp 329,225.00	Rp197.535.000
	Dop pipa Ø 300	12	unit	Rp 656,000.00	Rp7.872.000
	TOTAL /unit				Rp2.394.857.488
<b>FLASH MIX</b>					
	Pekerjaan beton	1.794	m <sup>3</sup>	Rp 6,395,469.00	Rp 11,473,471.39
	Pekerjaan plat	0.507	m <sup>3</sup>	Rp 3,057,799.15	Rp 1,550,304.17
	Pipa Ø 225	1	batang	Rp 298,900.00	Rp 298,900.00
	Pipa Ø 315	2	batang	Rp 738,300.00	Rp 1,476,600.00
	Tangki penguin 1050L	1	unit	Rp 2,500,000.00	Rp 2,500,000.00
	Propeller	2	unit	Rp 190,000.00	Rp 380,000.00
	Gate valve Ø 315	1	unit	Rp 9,010,000.00	Rp 9,010,000.00
	Gate valve Ø 225	2	unit	Rp 4,347,900.00	Rp 8,695,800.00
	Tee Ø 315	1	unit	Rp 2,635,100.00	Rp 2,635,100.00
	Tee Ø 225	1	unit	Rp 1,246,500.00	Rp 1,246,500.00
	Bend 90 Ø 315	2	unit	Rp 2,627,600.00	Rp 5,255,200.00
	Bend 90 Ø 225	2	unit	Rp 1,103,600.00	Rp 2,207,200.00
	Reducer 315 x 225	3	unit	Rp 1,368,100.00	Rp 4,104,300.00
	TOTAL				Rp 50,833,375.56

	ALAT	JUMLAH	SATUAN	HARGA SATUAN	TOTAL HARGA
<b>SLOW MIX</b>					
	Pekerjaan beton	68.82	m <sup>3</sup>	Rp 6,395,469.00	Rp 440,109,550.87
	Pekerjaan plat	32.32	m <sup>3</sup>	Rp 3,057,799.15	Rp 98,837,497.80
	Pipa Ø 225	3	batang	Rp 298,900.00	Rp 896,700.00
	Pipa Ø 315	8	batang	Rp 738,300.00	Rp 5,906,400.00
	Gate valve Ø 225	2	unit	Rp 4,347,900.00	Rp 8,695,800.00
	Tee Ø 315	1	unit	Rp 2,635,100.00	Rp 2,635,100.00
	Tee Ø 225	1	unit	Rp 1,246,500.00	Rp 1,246,500.00
	Bend 90 Ø 315	3	unit	Rp 2,627,600.00	Rp 7,882,800.00
	Bend 90 Ø 225	2	unit	Rp 1,103,600.00	Rp 2,207,200.00
	Reducer 315 x 225	3	unit	Rp 1,368,100.00	Rp 4,104,300.00
	TOTAL				Rp 572,521,848.67
<b>SEDIMENTASI</b>					
	Pekerjaan beton	58,689	m <sup>3</sup>	Rp6.395.469	Rp375.345.046
	Pekerjaan plat	46,862	m <sup>3</sup>	Rp3.057.799	Rp143.293.055
	Pekerjaan galian	178,201	m <sup>3</sup>	Rp77.250	Rp13.766.027
	Pekerjaan urugan kembali	107,418	m <sup>3</sup>	Rp12.378	Rp1.329.617
	Pengangkutan	70,783	m <sup>3</sup>	Rp41.275	Rp2.921.577
	Plate settler	105,0	batang	Rp125.000	Rp13.125.000



	ALAT	JUMLAH	SATUAN	HARGA SATUAN	TOTAL HARGA
	Pipa Ø 225	2	batang	Rp298.900	Rp597.800
	Pipa Ø 315	1	batang	Rp738.300	Rp738.300
	Gate valve Ø 225	2	unit	Rp4.347.900	Rp8.695.800
	Tee Ø 225	1	unit	Rp1.246.500	Rp1.246.500
	Bend 90 Ø 315	1	unit	Rp2.627.600	Rp2.627.600
	Bend 90 Ø 225	1	unit	Rp1.103.600	Rp1.103.600
	Reducer 315 x 225	1	unit	Rp1.368.100	Rp1.368.100
	Pompa lumpur	1	unit	Rp37.708.440	Rp37.708.440
	TOTAL				Rp603.866.462
<b>FILTER</b>					
	Tangki filtrasi	13	unit	Rp 33,500,000.00	Rp 435,500,000.00
	Pipa Ø 225	1	batang	Rp 298,900.00	Rp 298,900.00
	Pipa Ø 315	4	batang	Rp 738,300.00	Rp 2,953,200.00
	Gate valve Ø 315	1	unit	Rp 9,010,000.00	Rp 9,010,000.00
	Tee Ø 225	1	unit	Rp 1,246,500.00	Rp 1,246,500.00
	Bend 90 Ø 315	1	unit	Rp 2,627,600.00	Rp 2,627,600.00
	Bend 90 Ø 225	2	unit	Rp 1,103,600.00	Rp 2,207,200.00
	Reducer 315 x 225	1	unit	Rp 1,368,100.00	Rp 1,368,100.00
	Pompa filter	3	unit	Rp92.962.760	Rp278.888.280
	TOTAL				Rp734.099.780

	ALAT	JUMLAH	SATUAN	HARGA SATUAN	TOTAL HARGA
<b>BAK PENGERING</b>					
	Pekerjaan beton	14,064	m <sup>3</sup>	Rp6.395.469	Rp89.945.876
	Pekerjaan plat	59,637	m <sup>3</sup>	Rp3.057.799	Rp182.357.968
	Pipa Ø 225	5	batang	Rp298.900	Rp1.494.500
	Pipa Ø 315	3	batang	Rp738.300	Rp2.214.900
	Gate valve Ø 225	2	unit	Rp4.347.900	Rp8.695.800
	Tee Ø 315	1	unit	Rp2.635.100	Rp2.635.100
	Tee Ø 225	1	unit	Rp1.246.500	Rp1.246.500
					Rp288.590.644
<b>KARBON AKTIF</b>					
	Tangki penguin 4100L	2	unit	Rp 9,300,000.00	Rp 18,600,000.00
	Karbon aktif	55786	Kg/tahun	Rp 10,000.00	Rp 557,864,634.60
	Pipa Ø 225	1	batang	Rp 298,900.00	Rp 298,900.00
	Pipa Ø 315	1	batang	Rp 738,300.00	Rp 738,300.00
	Gate valve Ø 315	1	unit	Rp 9,010,000.00	Rp 9,010,000.00
	Tee Ø 225	1	unit	Rp 1,246,500.00	Rp 1,246,500.00
	Bend 90 Ø 225	2	unit	Rp 1,103,600.00	Rp 2,207,200.00
	Reducer 315 x 225	1	unit	Rp 1,368,100.00	Rp 1,368,100.00
	TOTAL				Rp 591,333,634.60

	ALAT	JUMLAH	SATUAN	HARGA SATUAN	TOTAL HARGA
<b>BAK PENGUMPUL</b>					
	Pekerjaan beton	6.84	m <sup>3</sup>	Rp 6,395,469.00	Rp 43,745,007.96
	Pekerjaan plat	9.24	m <sup>3</sup>	Rp 3,057,799.15	Rp 28,254,064.15
	TOTAL				Rp 71,999,072.11
<b>RO</b>					
	Pekerjaan dinding	17.12	m <sup>3</sup>	Rp 129,955.60	Rp 2,224,190.09
	Pekerjaan lantai	63.00	m <sup>2</sup>	Rp 226,459.00	Rp 14,266,917.00
	Pekerjaan atap	73.40	m <sup>2</sup>	Rp 544,615.00	Rp 39,974,377.80
	Paket RO	13	paket	Rp 5,229,743,339.08	Rp 67,986,663,408.04
	Pipa Ø 225	3	batang	Rp 298,900.00	Rp 896,700.00
	Pipa Ø 315	3	batang	Rp 738,300.00	Rp 2,214,900.00
	Gate valve Ø 110	1	unit	Rp 1,508,300.00	Rp 1,508,300.00
	Tee Ø 225	1	unit	Rp 1,246,500.00	Rp 1,246,500.00
	Bend 90 Ø 315	3	unit	Rp 2,627,600.00	Rp 7,882,800.00
	Bend 90 Ø 110	1	unit	Rp 399,300.00	Rp 399,300.00
	Reducer 315 x 225	1	unit	Rp 1,368,100.00	Rp 1,368,100.00
	Reducer 225 x 110	2	unit	Rp 861,400.00	Rp 1,722,800.00
	DOP Ø 110	1	unit	Rp 45,600.00	Rp 45,600.00
	TOTAL				Rp 68,060,413,892.93

	ALAT	JUMLAH	SATUAN	HARGA SATUAN	TOTAL HARGA
<b>BAK PENGUMPUL REJECT WATER</b>					
	Pekerjaan beton	7,380	m <sup>3</sup>	Rp6.395.469	Rp47.198.561
	Pekerjaan plat	10,707	m <sup>3</sup>	Rp3.057.799	Rp32.739.855
	TOTAL				Rp79.938.417
<b>BAK PENGUMPUL NIGARI SEMENTARA</b>					
	Pekerjaan dinding	141,225	m <sup>3</sup>	Rp129.956	Rp18.352.980
	Pekerjaan lantai	4465,200	m <sup>2</sup>	Rp226.459	Rp1.011.184.727
	Pekerjaan atap	4510,94	m <sup>2</sup>	Rp544.615	Rp2.456.726.878
	Tangki nigari	484	unit	Rp 900.000	Rp435.600.000
	TOTAL				Rp3.921.864.584
<b>GUDANG HASIL GARAM</b>					
	Pekerjaan dinding	26,565	m <sup>3</sup>	Rp129.956	Rp3.452.271
	Pekerjaan lantai	150,000	m <sup>2</sup>	Rp226.459	Rp33.968.850
	Pekerjaan atap	164,14	m <sup>2</sup>	Rp544.615	Rp89.392.241
	TOTAL				Rp126.813.361
<b>POS PENJAGA</b>					
	Pekerjaan dinding	10,815	m <sup>3</sup>	Rp129.956	Rp1.405.470

	ALAT	JUMLAH	SATUAN	HARGA SATUAN	TOTAL HARGA
	Pekerjaan lantai	25,000	m <sup>2</sup>	Rp226.459	Rp5.661.475
	Pekerjaan atap	32,28	m <sup>2</sup>	Rp544.615	Rp17.578.989
	TOTAL				Rp24.645.933
<b>KANTOR ADMINISTRASI</b>					
	Pekerjaan dinding	25,515	m <sup>3</sup>	Rp129.956	Rp3.315.817
	Pekerjaan lantai	135,000	m <sup>2</sup>	Rp226.459	Rp30.571.965
	Pekerjaan atap	149,51	m <sup>2</sup>	Rp544.615	Rp81.425.414
	TOTAL				Rp115.313.196
<b>LABORATORIUM</b>					
	Pekerjaan dinding	29,715	m <sup>3</sup>	Rp129.956	Rp3.861.631
	Pekerjaan lantai	160,000	m <sup>2</sup>	Rp226.459	Rp36.233.440
	Pekerjaan atap	179,16	m <sup>2</sup>	Rp544.615	Rp97.572.288
	TOTAL				Rp137.667.359
<b>GUDANG B3</b>					
	Pekerjaan dinding	13,965	m <sup>3</sup>	Rp129.956	Rp1.814.830
	Pekerjaan lantai	40,000	m <sup>2</sup>	Rp226.459	Rp9.058.360
	Pekerjaan atap	50,55	m <sup>2</sup>	Rp544.615	Rp27.529.360

	ALAT	JUMLAH	SATUAN	HARGA SATUAN	TOTAL HARGA
	TOTAL				Rp38.402.549
<b>GUDANG ALAT</b>					
	Pekerjaan dinding	9,765	m <sup>3</sup>	Rp129.956	Rp1.269.016
	Pekerjaan lantai	18,000	m <sup>2</sup>	Rp226.459	Rp4.076.262
	Pekerjaan atap	28,10	m <sup>2</sup>	Rp544.615	Rp15.301.977
	TOTAL				Rp20.647.255
<b>KLORIATOR</b>					
	Tangki penguin 1050L	1	unit	Rp2.500.000	Rp2.500.000
	Kaporit	6649	Kg/tahun	Rp17.000	Rp113.030.280
	Pipa Ø 5	2	batang	Rp10.000	Rp20.000
	Gate valve Ø 5	1	unit	Rp25.000	Rp25.000
	TOTAL				Rp115.575.280
<b>RESERVOIR</b>					
	Pekerjaan beton	225,504	m <sup>3</sup>	Rp6.395.469	Rp1.442.203.841
	Pekerjaan plat	208,616	m <sup>3</sup>	Rp3.057.799	Rp637.904.299
	Pekerjaan galian	1836,684	m <sup>3</sup>	Rp77.250	Rp141.883.839
	Pekerjaan urugan kembali	306,837	m <sup>3</sup>	Rp12.378	Rp3.798.028

	ALAT	JUMLAH	SATUAN	HARGA SATUAN	TOTAL HARGA
	Pengangkutan	1529,847	m <sup>3</sup>	Rp41.275	Rp63.144.435
	Tangki nigari	2	unit	Rp11.000.000	Rp22.000.000
	Pipa Ø 15	1	batang	Rp15.000	Rp15.000
	Gate valve Ø 15	1	unit	Rp55.000	Rp55.000
					Rp2.311.004.442
<b>TAMBAK GARAM DAN NIGARI</b>					
	Pemasangan atap	100800	m <sup>2</sup>	Rp274.620	Rp27.681.726.240
					Rp27.681.726.240
<b>TOTAL INVESTASI</b>					Rp107.942.114.817

#### Lampiran 4 Perhitungan Biaya Listrik, Sewa Lahan dan Gaji Pegawai

##### Perhitungan Biaya Listrik

Tahun	Daya	Tarif dasar	Kenaikan tarif	Biaya listrik (kWh)	Biaya listrik tahun
2016	1037,04	Rp 1,353.45	0%	Rp 1,353.45	Rp12.295.434.909
2017	1037,04	-	11%	Rp 1,502.33	Rp13.647.932.749
2018	1037,04	-	11%	Rp 1,667.59	Rp15.149.205.351
2019	1037,04	-	11%	Rp 1,851.02	Rp16.815.617.940
2020	1037,04	-	11%	Rp 2,054.63	Rp18.665.335.913
2021	1037,04	-	11%	Rp 2,280.64	Rp20.718.522.863
2022	1037,04	-	11%	Rp 2,531.51	Rp22.997.560.378
2023	1037,04	-	11%	Rp 2,809.98	Rp25.527.292.020
2024	1037,04	-	11%	Rp 3,119.08	Rp28.335.294.142
2025	1037,04	-	11%	Rp 3,462.18	Rp31.452.176.498
2026	1037,04	-	11%	Rp 3,843.01	Rp34.911.915.913
2027	1037,04	-	11%	Rp 4,265.75	Rp38.752.226.663
2028	1037,04	-	11%	Rp 4,734.98	Rp43.014.971.596
2029	1037,04	-	11%	Rp 5,255.83	Rp47.746.618.472
2030	1037,04	-	11%	Rp 5,833.97	Rp52.998.746.503
2031	1037,04	-	11%	Rp 6,475.70	Rp58.828.608.619



Tahun	Daya	Tarif dasar	Kenaikan tarif	Biaya listrik (kWh)	Biaya listrik tahun
2032	1037,04	-	11%	Rp 7,188.03	Rp65.299.755.567
2033	1037,04	-	11%	Rp 7,978.71	Rp72.482.728.679
2034	1037,04	-	11%	Rp 8,856.37	Rp80.455.828.834
2035	1037,04	-	11%	Rp 9,830.57	Rp89.305.970.006
2036	1037,04	-	11%	Rp 10,911.94	Rp99.129.626.706
				TOTAL	Rp888.531.370.321
				Rata-rata tiap tahun	Rp42.311.017.634

#### Perhitungan Biaya Sewa Lahan

Tahun	Harga sewa dasar per Ha	Kenaikan tarif	Biaya sewa	Luas (Ha)	Total Biaya Sewa
2016	Rp 30,000,000.00	0%	Rp 30,000,000.00	10	Rp 300,000,000.00
2017	-	5%	Rp 31,500,000.00	10	Rp 315,000,000.00
2018	-	5%	Rp 33,075,000.00	10	Rp 330,750,000.00
2019	-	5%	Rp 34,728,750.00	10	Rp 347,287,500.00
2020	-	5%	Rp 36,465,187.50	10	Rp 364,651,875.00
2021	-	5%	Rp 38,288,446.88	10	Rp 382,884,468.75
2022	-	5%	Rp 40,202,869.22	10	Rp 402,028,692.19
2023	-	5%	Rp 42,213,012.68	10	Rp 422,130,126.80
2024	-	5%	Rp 44,323,663.31	10	Rp 443,236,633.14

Tahun	Harga sewa dasar per Ha	Kenaikan tarif	Biaya sewa	Luas (Ha)	Total Biaya Sewa
2025	-	5%	Rp 46,539,846.48	10	Rp 465,398,464.79
2026	-	5%	Rp 48,866,838.80	10	Rp 488,668,388.03
2027	-	5%	Rp 51,310,180.74	10	Rp 513,101,807.43
2028	-	5%	Rp 53,875,689.78	10	Rp 538,756,897.81
2029	-	5%	Rp 56,569,474.27	10	Rp 565,694,742.70
2030	-	5%	Rp 59,397,947.98	10	Rp 593,979,479.83
2031	-	5%	Rp 62,367,845.38	10	Rp 623,678,453.82
2032	-	5%	Rp 65,486,237.65	10	Rp 654,862,376.51
2033	-	5%	Rp 68,760,549.53	10	Rp 687,605,495.34
2034	-	5%	Rp 72,198,577.01	10	Rp 721,985,770.11
2035	-	5%	Rp 75,808,505.86	10	Rp 758,085,058.61
2036	-	5%	Rp 79,598,931.15	10	Rp 795,989,311.54
			TOTAL		Rp 10,715,775,542.41
			Rata-rata tiap tahun		Rp 510,275,025.83

#### Perhitungan Gaji Pegawai

Tahun	Harga sewa dasar per Ha	Kenaikan tarif	Biaya Tiap Tahun
2016	Rp12.490.000	0%	Rp12.490.000
2017	-	1,00%	Rp12.614.900
2018	-	1,00%	Rp12.741.049
2019	-	1,00%	Rp12.868.459

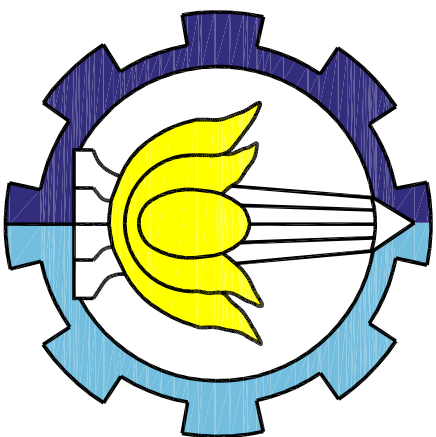
Tahun	Harga sewa dasar per Ha	Kenaikan tarif	Biaya Tiap Tahun
2020	-	1,00%	Rp12.997.144
2021	-	1,00%	Rp13.127.116
2022	-	1,00%	Rp13.258.387
2023	-	1,00%	Rp13.390.971
2024	-	1,00%	Rp13.524.880
2025	-	1,00%	Rp13.660.129
2026	-	1,00%	Rp13.796.730
2027	-	1,00%	Rp13.934.698
2028	-	1,00%	Rp14.074.045
2029	-	1,00%	Rp14.214.785
2030	-	1,00%	Rp14.356.933
2031	-	1,00%	Rp14.500.502
2032	-	1,00%	Rp14.645.507
2033	-	1,00%	Rp14.791.962
2034	-	1,00%	Rp14.939.882
2035	-	1,00%	Rp15.089.281
2036	-	1,00%	Rp15.240.174
TOTAL			Rp290.257.533

**Lampiran 5 Net Present Value dan Aliran Kas**

Uraian	Tahun ke-0	Tahun ke- 1	Tahun ke- 2	Tahun ke- 3	Tahun ke- 4	Tahun ke- 5
Pemasukan						
Produksi air bersih	Rp0	Rp3.153.600.000	Rp3.153.600.000	Rp3.153.600.000	Rp3.153.600.000	Rp3.153.600.000
Pemasukan nigari	Rp0	Rp89.522.368.795	Rp92.788.284.155	Rp92.788.284.155	Rp92.788.284.155	Rp92.788.284.155
Pemasukan garam murni	Rp0	Rp36.727.177.846	Rp38.067.042.462	Rp38.067.042.462	Rp38.067.042.462	Rp38.067.042.462
TOTAL	Rp0	Rp129.403.146.641	Rp134.008.926.616	Rp134.008.926.616	Rp134.008.926.616	Rp134.008.926.616
Pengeluaran						
Investasi awal	Rp107.942.114.817	-	-	-	-	-
Biaya operasional	-	Rp1.892.637.887	Rp1.892.637.887	Rp1.892.637.887	Rp1.892.637.887	Rp1.892.637.887
Biaya cicilan	-	Rp11.698.018.274	Rp11.698.018.274	Rp11.698.018.274	Rp11.698.018.274	Rp11.698.018.274
Biaya listrik	-	Rp12.295.434.909	Rp13.647.932.749	Rp15.149.205.351	Rp16.815.617.940	Rp18.665.335.913
Biaya sewa	-	Rp30.000.000	Rp31.500.000	Rp33.075.000	Rp34.728.750	Rp36.465.188
Biaya pengolahan B3	-	Rp84.670.472.832	Rp84.670.472.832	Rp84.670.472.832	Rp84.670.472.832	Rp84.670.472.832
Biaya gaji pegawai	-	Rp12.490.000	Rp12.614.900	Rp12.741.049	Rp12.868.459	Rp12.997.144
TOTAL	Rp107.942.114.817	Rp110.599.053.901	Rp111.953.176.641	Rp113.456.150.393	Rp115.124.344.142	Rp116.975.927.237
Selisih pemasukan dan pengeluaran	-Rp107.942.114.817	Rp18.804.092.740	Rp22.055.749.975	Rp20.552.776.224	Rp18.884.582.475	Rp17.032.999.379
Cash Flow	-Rp107.942.114.817	-Rp89.138.022.076	-Rp67.082.272.101	-Rp46.529.495.878	-Rp27.644.913.403	-Rp10.611.914.024
PV	-Rp107.942.114.817	-Rp79.233.797.401	-Rp53.003.276.722	-Rp32.679.152.112	-Rp17.258.583.341	-Rp5.888.858.384

Uraian	Tahun ke- 6	Tahun ke- 7	Tahun ke- 8	Tahun ke- 9	Tahun ke- 10
Pemasukan					
Produksi air bersih	Rp3.153.600.000	Rp3.153.600.000	Rp3.153.600.000	Rp3.153.600.000	Rp3.153.600.000
Pemasukan nigari	Rp92.788.284.155	Rp92.788.284.155	Rp92.788.284.155	Rp92.788.284.155	Rp92.788.284.155
Pemasukan garam murni	Rp38.067.042.462	Rp38.067.042.462	Rp38.067.042.462	Rp38.067.042.462	Rp38.067.042.462
TOTAL	Rp134.008.926.616	Rp134.008.926.616	Rp134.008.926.616	Rp134.008.926.616	Rp134.008.926.616
Pengeluaran					
Investasi awal	-	-	-	-	-
Biaya operasional	Rp1.892.637.887	Rp1.892.637.887	Rp1.892.637.887	Rp1.892.637.887	Rp1.892.637.887
Biaya cicilan	Rp11.698.018.274	Rp11.698.018.274	Rp11.698.018.274	Rp11.698.018.274	Rp11.698.018.274
Biaya listrik	Rp20.718.522.863	Rp22.997.560.378	Rp25.527.292.020	Rp28.335.294.142	Rp31.452.176.498
Biaya sewa	Rp38.288.447	Rp40.202.869	Rp42.213.013	Rp44.323.663	Rp46.539.846

Biaya pengolahan B3	Rp84.670.472.832	Rp84.670.472.832	Rp84.670.472.832	Rp84.670.472.832	Rp84.670.472.832
Biaya gaji pegawai	Rp13.127.116	Rp13.258.387	Rp13.390.971	Rp13.524.880	Rp13.660.129
TOTAL	Rp119.031.067.418	Rp121.312.150.627	Rp123.844.024.996	Rp126.654.271.678	Rp129.773.505.466
Selisih pemasukan dan pengeluaran	Rp14.977.859.198	Rp12.696.775.989	Rp10.164.901.620	Rp7.354.654.938	Rp4.235.421.150
Cash Flow	Rp4.365.945.174	Rp17.062.721.163	Rp27.227.622.784	Rp34.582.277.722	Rp38.817.698.872
PV	Rp2.153.590.580	Rp7.481.361.433	Rp10.611.811.957	Rp11.980.664.102	Rp11.953.760.829



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

LEGENDA

 = Beton

JUDUL TUGAS AKHIR

Kelayakan Teknologi Desalinasi  
Sebagai Alternatif Penyediaan Air  
Minum  
Kota Surabaya  
(Studi Kasus: 50 L/detik)

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Wahyono Hadi,  
M.Sc., PhD

NAMA MAHASISWA

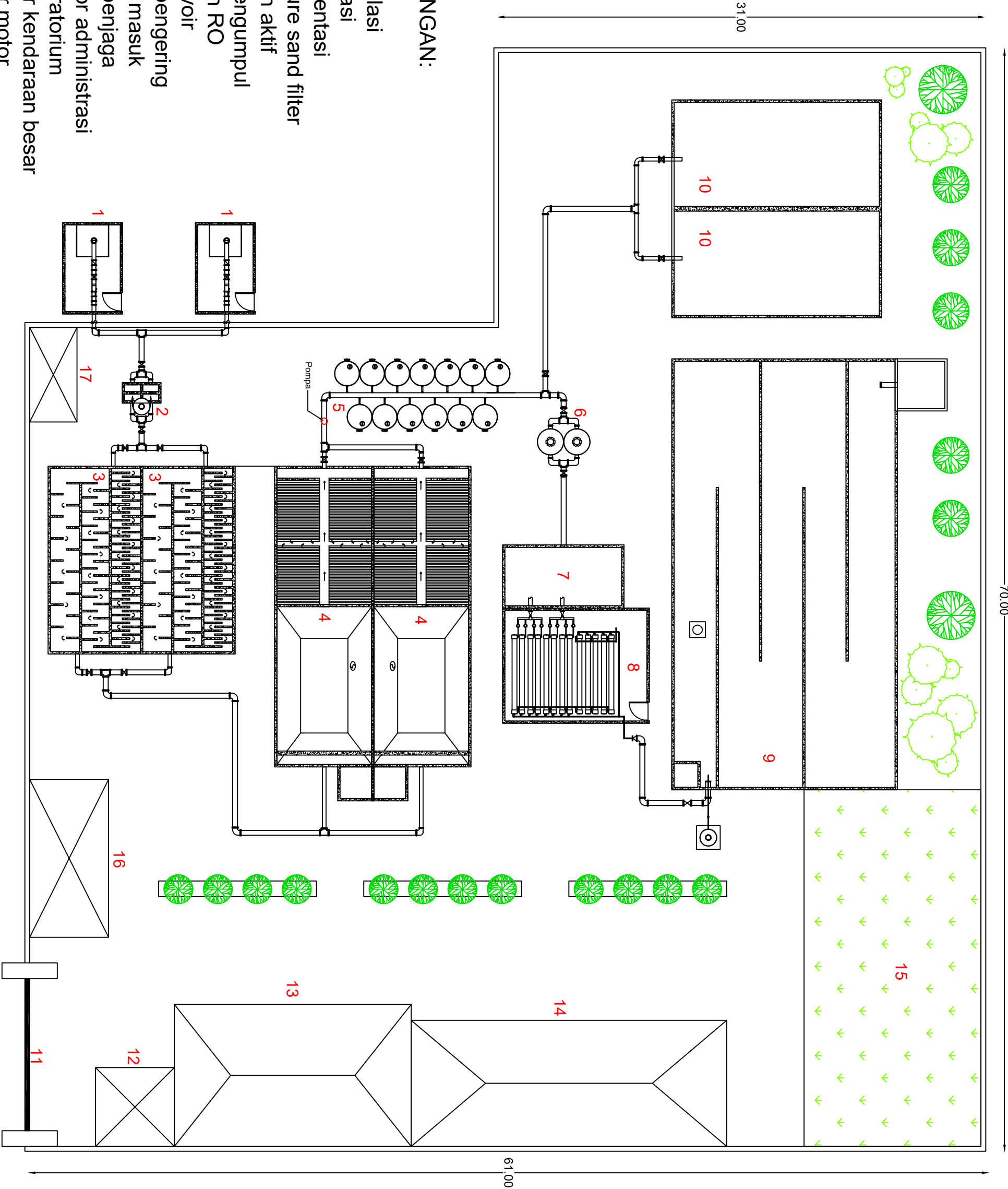
Nurul Latifa Hanna  
3312100011

NOMOR GAMBAR

4.2

SKALA HALAMAN

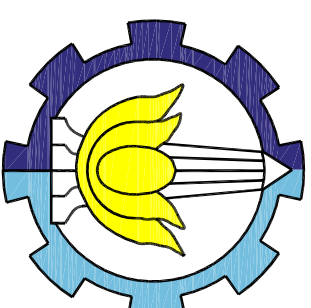
1 : 250



KETERANGAN:

1. Intake
2. Koagulasi
3. Flokulasi
4. Sedimentasi
5. Pressure sand filter
6. Karbon aktif
7. Bak pengumpul
8. Rumah RO
9. Reservoir
10. Bak pengering
11. Pintu masuk
12. Pos penjaga
13. Kantor administrasi
14. Laboratorium
15. Parkir kendaraan besar
16. Parkir motor
17. Gudang





LAYOUT DENAH INSTALASI PENGOLAHAN



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

## LEGENDA

-  = Kerikil
-  = Pasir
-  = Beton
-  = Perforated

## JUDUL TUGAS AKHIR

Kelayakan Teknologi Desalinasi  
Sebagai Alternatif  
Penyediaan Air Minum  
Kota Surabaya  
(Studi Kasus: 50 L/detik)

## DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Wahyono Hadi,  
M.Sc., PhD

**NAMA MAHASISWA**

Nurul Latifa Hanna  
331210001

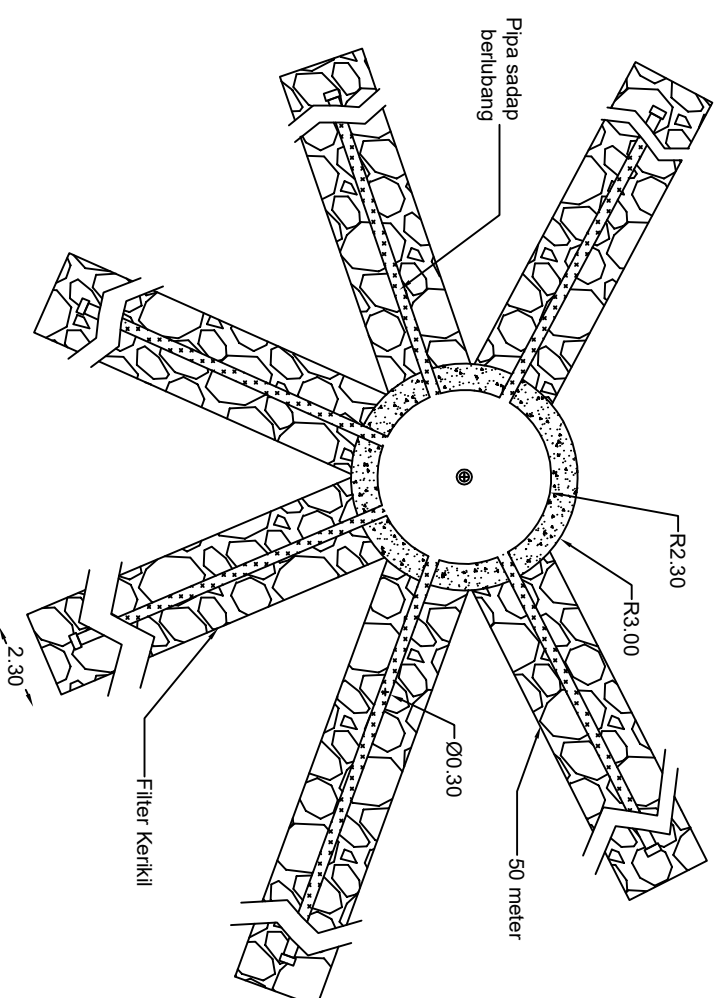
NOMOR GAMBAR

### 4.3

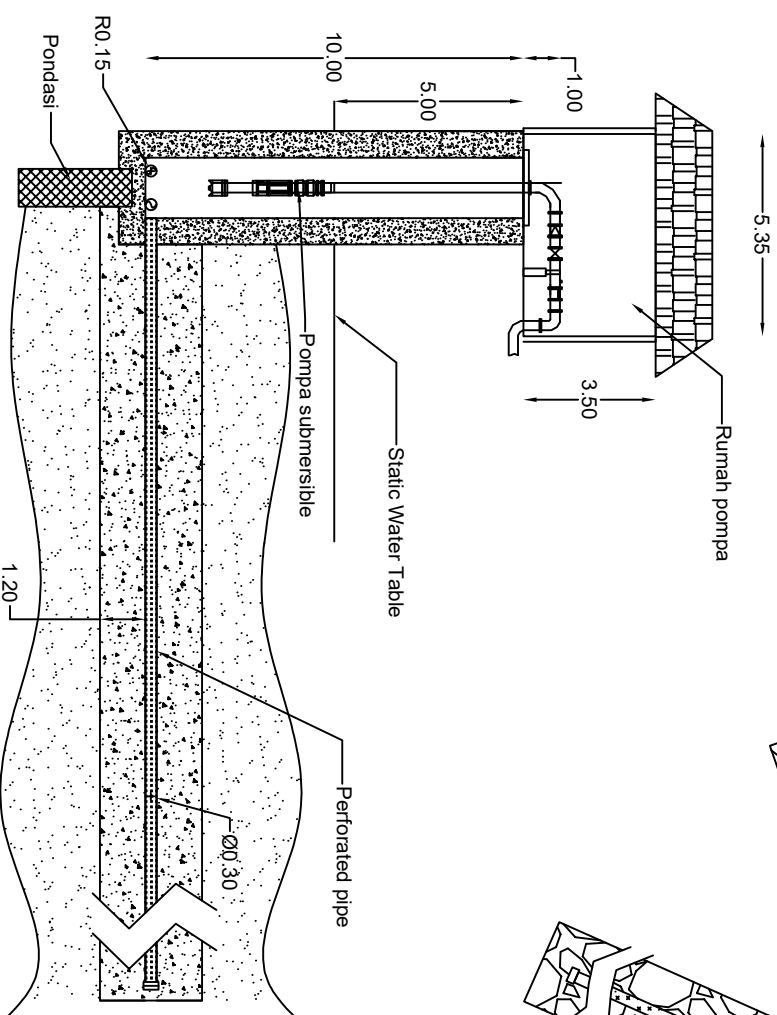
SKALA	HALAMAN
-------	---------

1:200

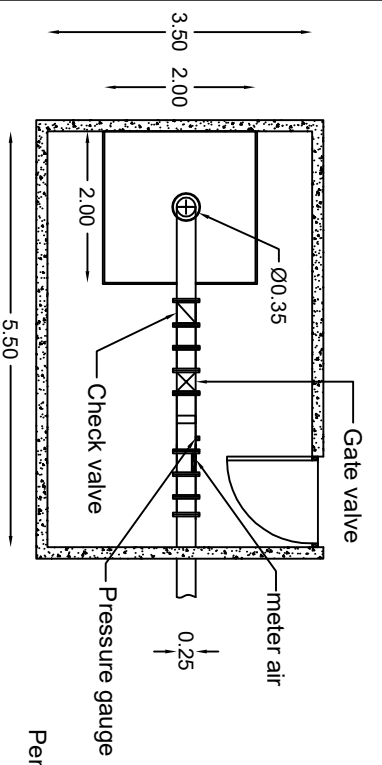
2 / 9



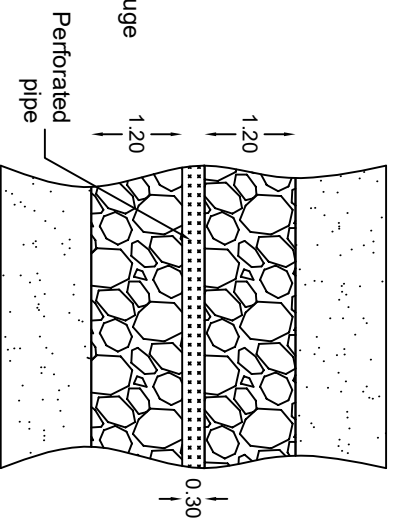
### DENAH SUMUR INTAKE



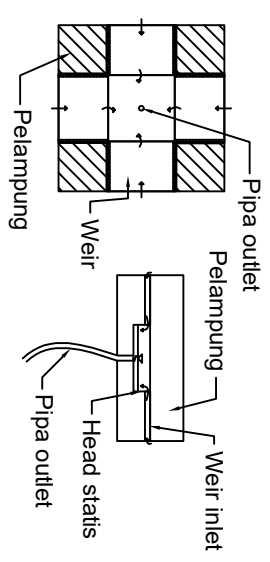
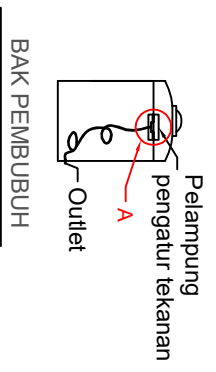
TAMPAK SAMPLING INTAKE



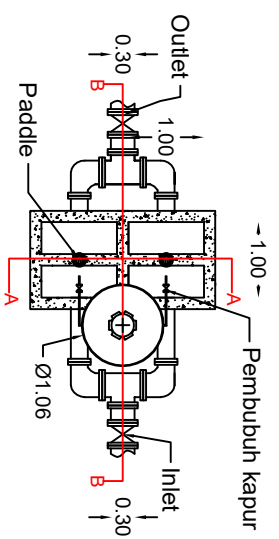
DENAH RUMAH POMPA INTAKE



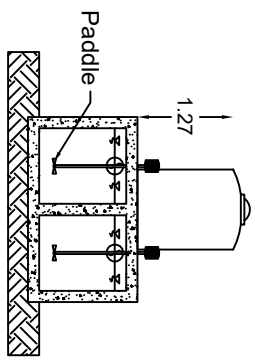
DETAIL FILTER GALERI



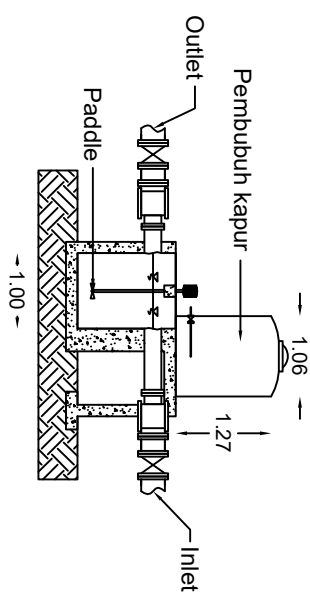
DETAIL A TAMPAK ATAS  
DETAIL A POTONGAN



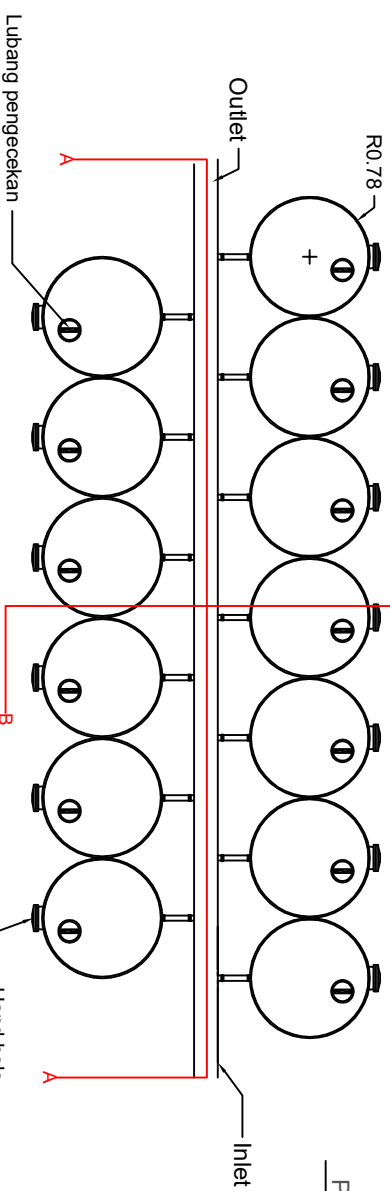
DENAH KOAGULASI



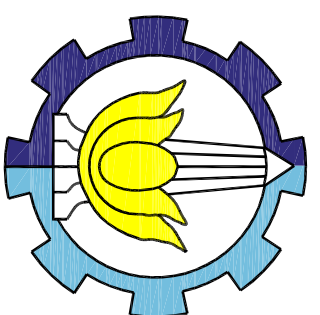
POTONGAN KOAGULASI A-A



POTONGAN KOAGULASI B-B



DENAH PRESSURE SAND FILTER (PSF)



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

LEGENDA

- = Kerikil
- = Pasir
- = Beton
- = Karet

JUDUL TUGAS AKHIR

Kelayakan Teknologi Desalinsi  
Sebagai Alternatif  
Penyediaan Air Minum  
Kota Surabaya  
(Studi Kasus: 50 L/detik)

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Wahyono Hadi,  
M.Sc., PhD

NAMA MAHASISWA

Nurul Latifa Hanna  
3312100011

NOMOR GAMBAR

4.4

SKALA HALAMAN

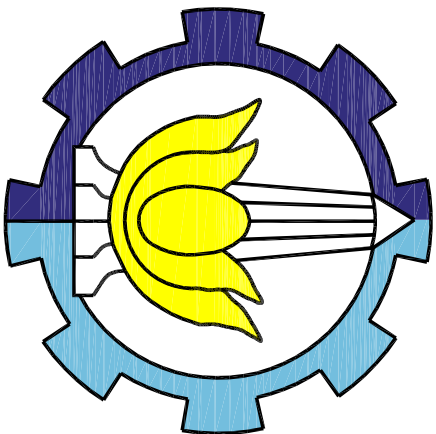
1 : 100

3 / 9









JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

LEGENDA

- = Beton
- = Tanah
- = Feed water
- = Concentrate water
- = Permeate water

JUDUL TUGAS AKHIR

Kelayakan Teknologi Desalinasi  
Sebagai Alternatif  
Penyediaan Air Minum  
Kota Surabaya  
(Studi Kasus: 50 L/detik)

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Wahyono Hadi,  
M.Sc., PhD

NAMA MAHASISWA

Nurul Latifa Hanna  
3312100011

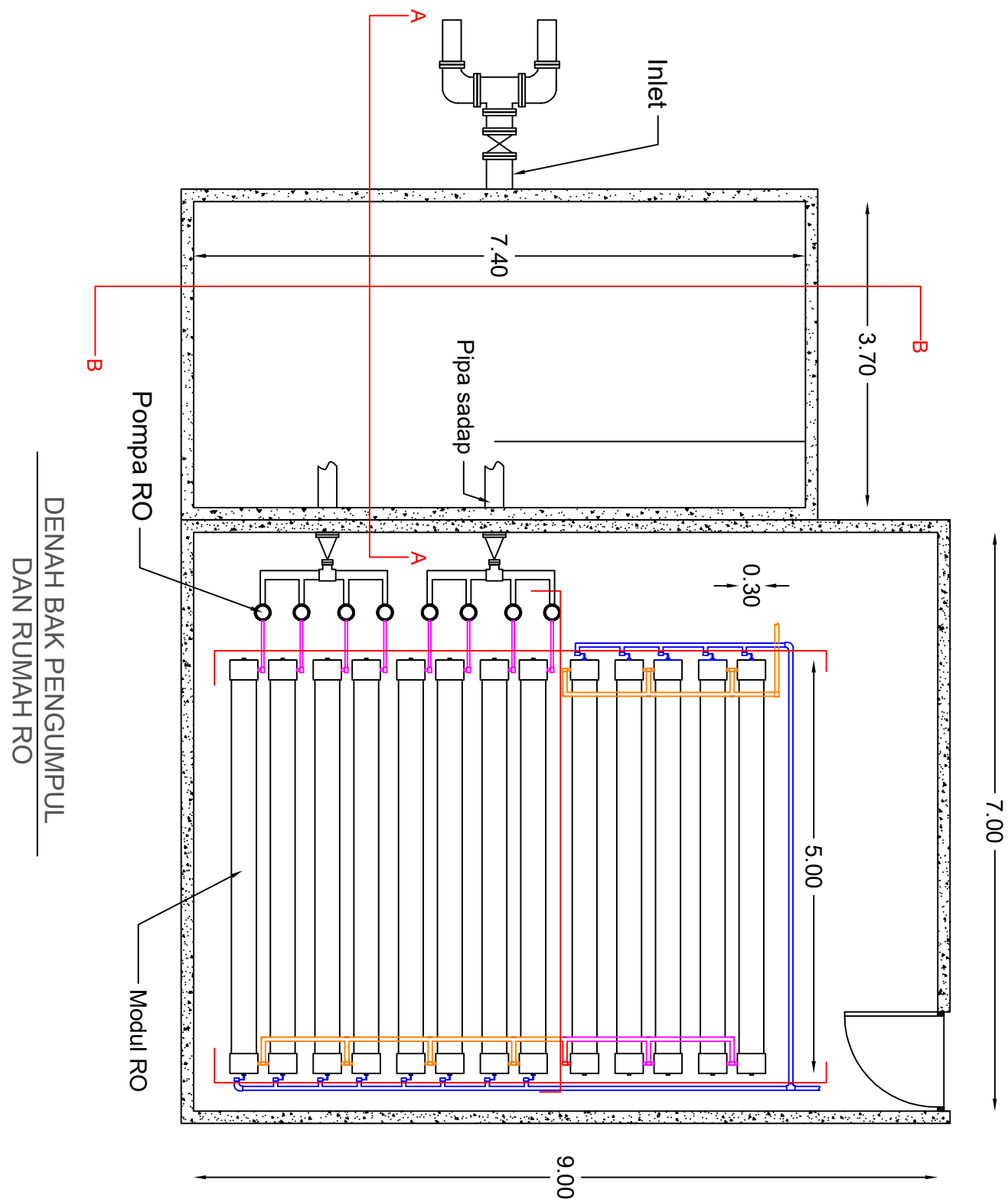
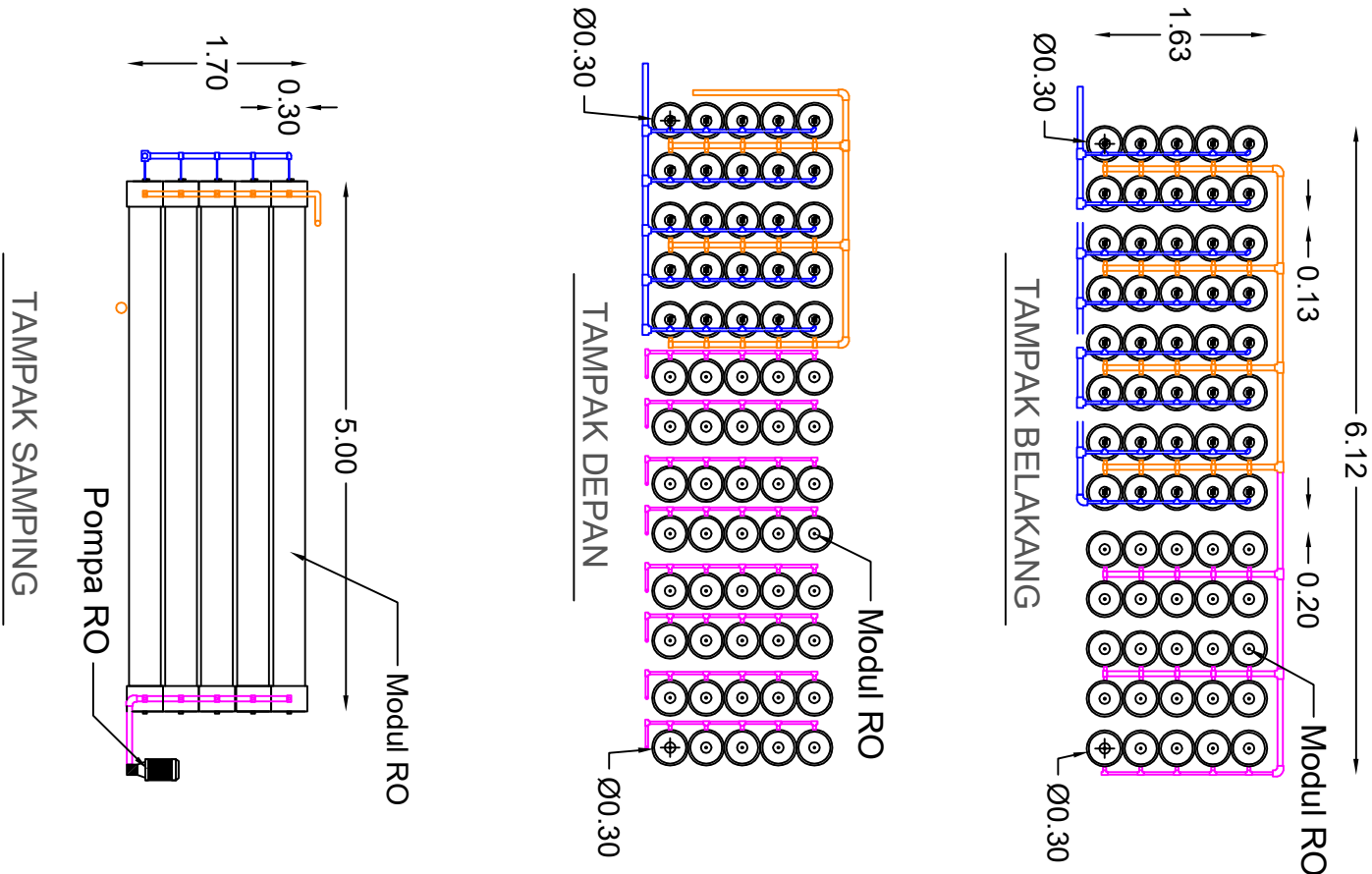
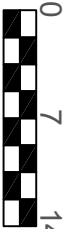
NOMOR GAMBAR

4.6

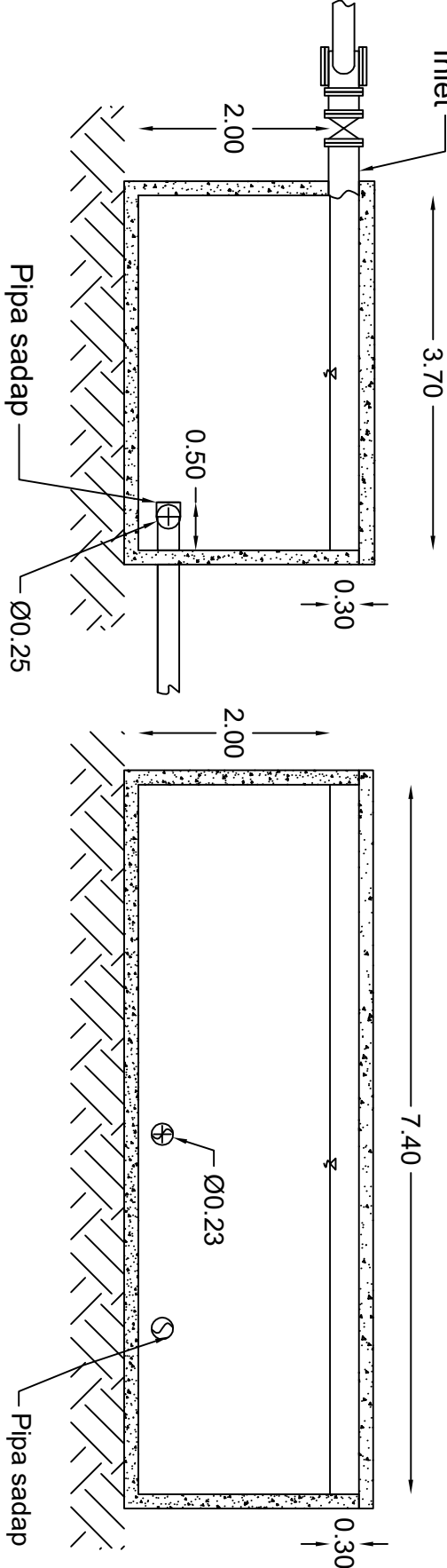
SKALA HALAMAN

1 : 70

5 / 9



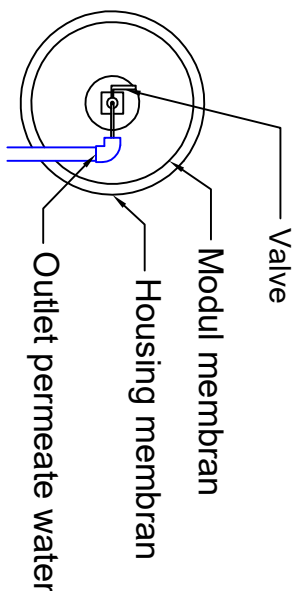
DENAH BAK PENGUMPUL  
DAN RUMAH RO

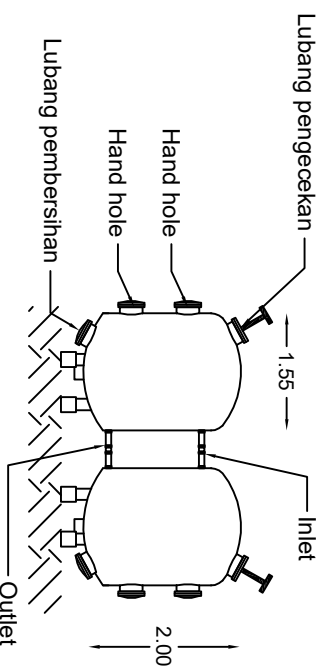


POTONGAN BAK PENGUMPUL  
A-A

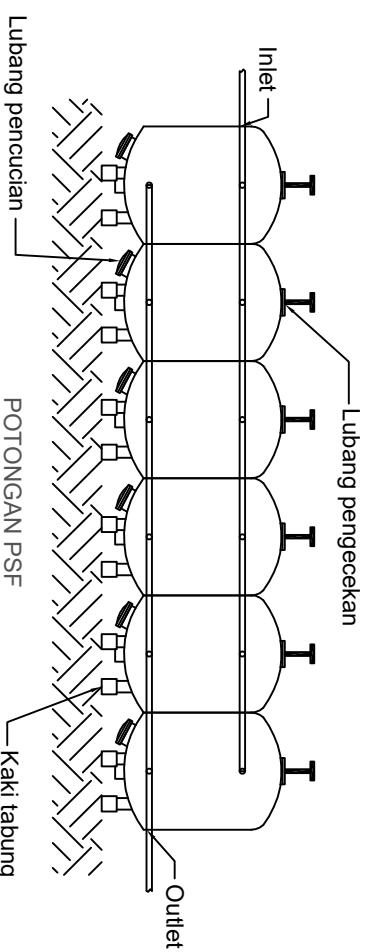
POTONGAN BAK PENGUMPUL  
B-B

DETAIL MODUL MEMBRAN  
1 : 20

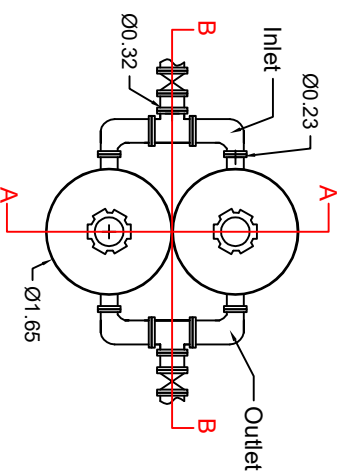




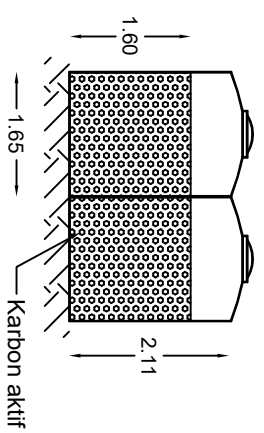
POTONGAN PSF  
B-B



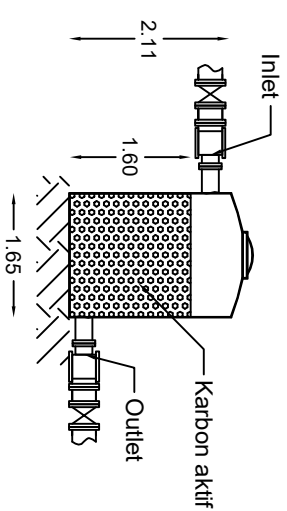
POTONGAN PSF  
A-A



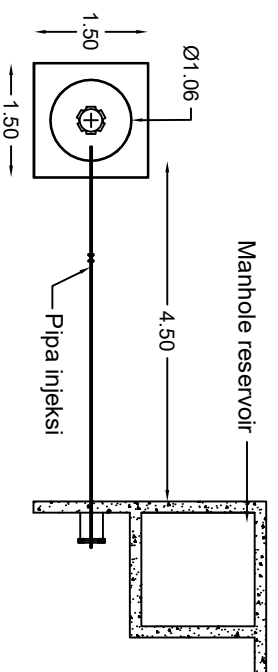
DENAH UNIT KARBON AKTIF



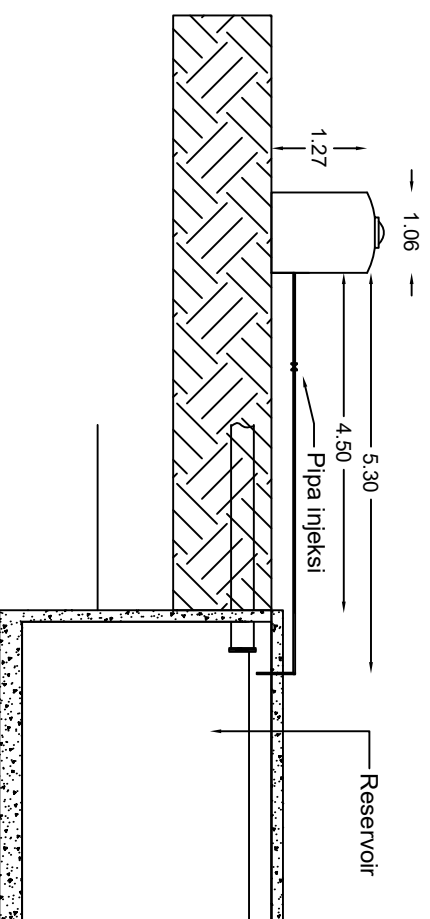
POTONGAN UNIT KARBON AKTIF  
A-A



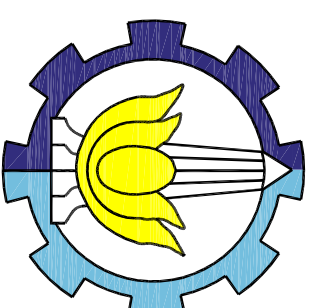
POTONGAN UNIT KARBON AKTIF  
B-B



DENAH TABUNG KLOMINASI



POTONGAN TABUNG KLOMINASI



JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

LEGENDA

 = Beton  
 = Tanah

JUDUL TUGAS AKHIR

Kelayakan Teknologi Desalinasi  
Sebagai Alternatif  
Penyediaan Air Minum  
Kota Surabaya  
(Studi Kasus: 50 L/detik)

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Wahyono Hadi,  
M.Sc., PhD

NAMA MAHASISWA

Nurul Latifa Hanna  
3312100011

NOMOR GAMBAR

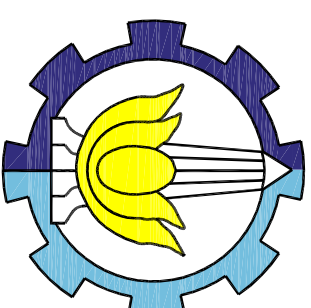
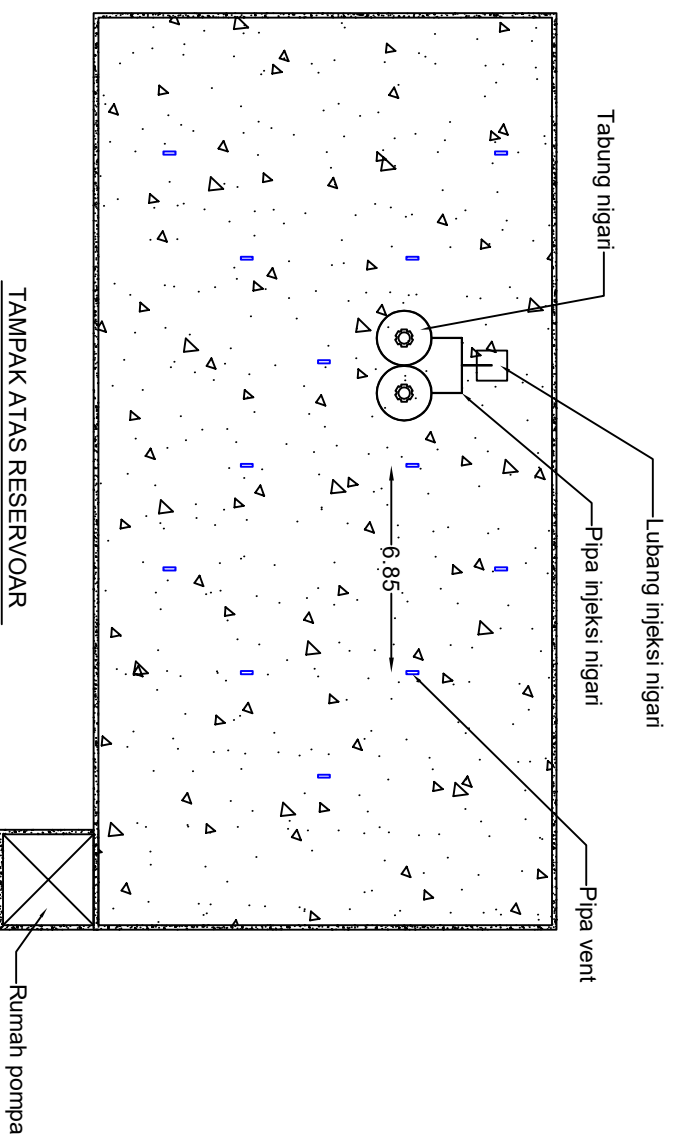
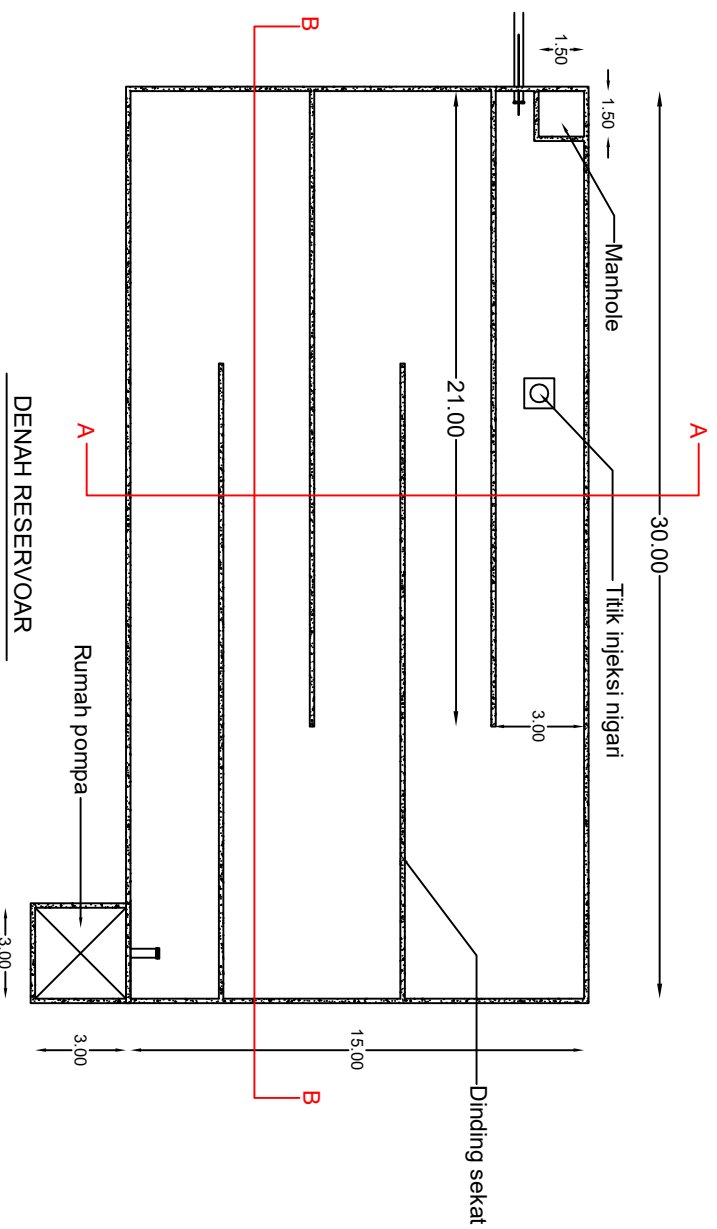
4.7

SKALA HALAMAN

1 : 100

5 10 15


6 / 9



**JURUSAN**

TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

**LEGENDA**

-  = Beton
-  = Tanah

**JUDUL TUGAS AKHIR**

Kelayakan Teknologi Desalinasi  
Sebagai Alternatif  
Penyediaan Air Minum  
Kota Surabaya  
(Studi Kasus: 50 L/detik)

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. Wahyono Hadi,  
M.Sc., PhD

**NAMA MAHASISWA**

Nurul Latifa Hanna  
3312100011

**NOMOR GAMBAR**

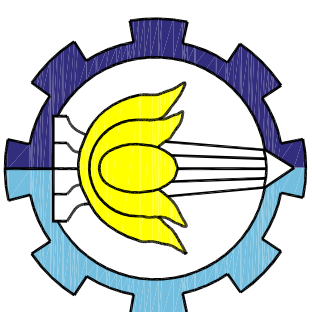
4.8

**SKALA** **HALAMAN**

1 : 250

7 / 9





JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

LEGENDA

- = Beton
- = Tanah

JUDUL TUGAS AKHIR

Kelayakan Teknologi Desalnasi  
Sebagai Alternatif  
Penyediaan Air Minum  
Kota Surabaya  
(Studi Kasus: 50 L/detik)

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Wahyono Hadi,  
M.Sc., PhD

NAMA MAHASISWA

Nurul Latifa Hanna  
3312100011

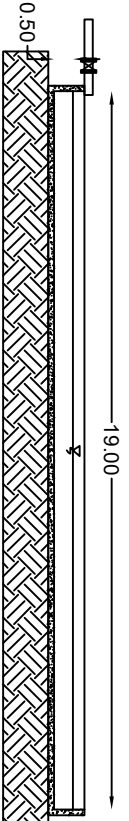
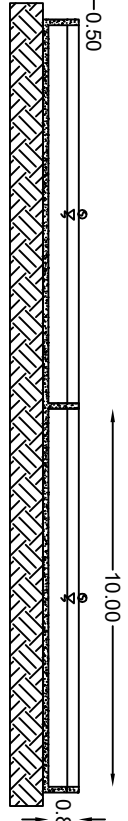
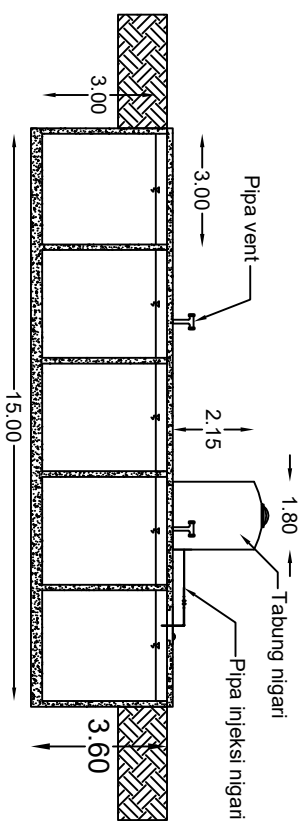
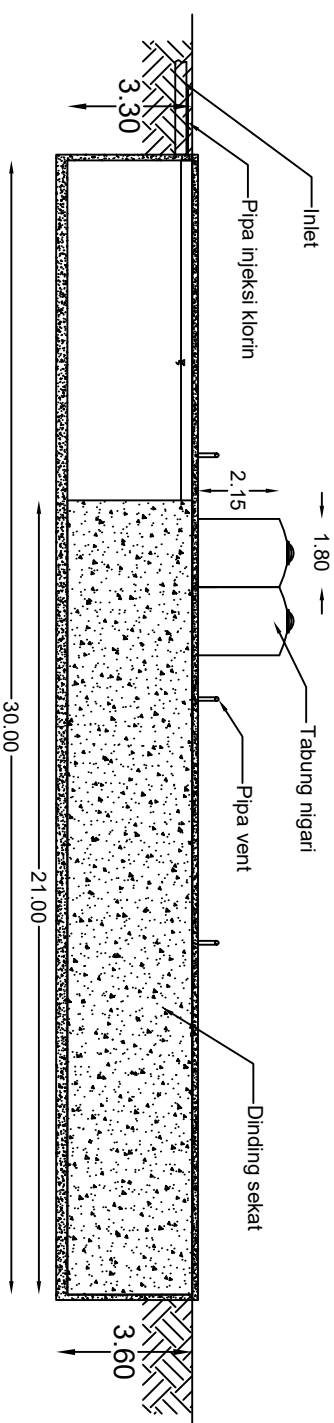
NOMOR GAMBAR

4.9

SKALA HALAMAN

1 : 200

8 / 9

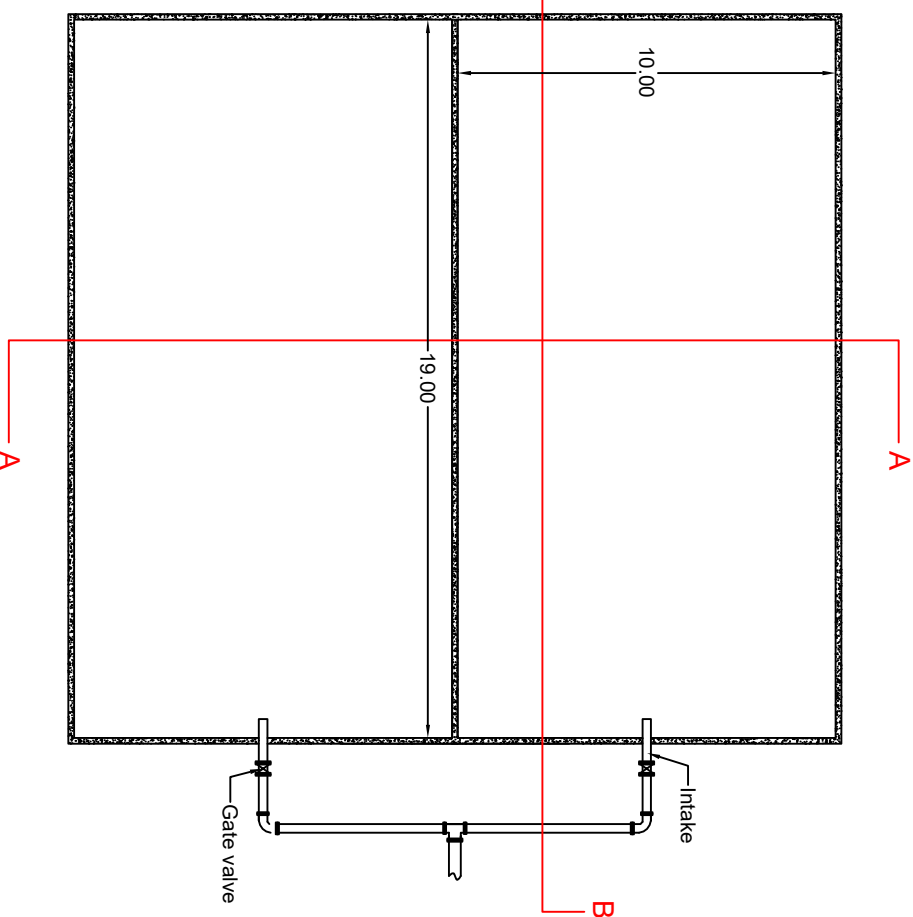


POTONGAN BAK PENGERING  
B-B

POTONGAN BAK PENGERING  
A-A

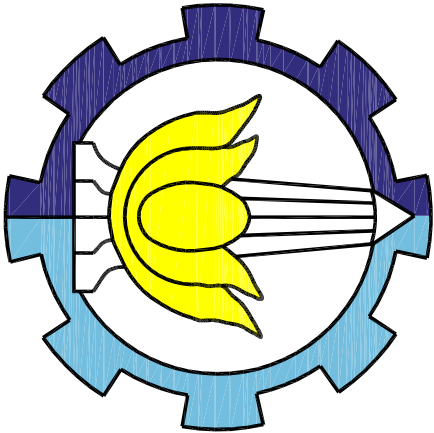
POTONGAN RESERVOIR  
A-A

POTONGAN RESERVOIR  
B-B



DENAH BAK PENGERING





JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

LEGENDA

- = Beton
- = Tanah

JUDUL TUGAS AKHIR

Kelayakan Teknologi Desalinasi  
Sebagai Alternatif Penyediaan Air  
Minum  
Kota Surabaya  
(Studi Kasus: 50 L/detik)

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Wahyono Hadi,  
M.Sc., PhD

NAMA MAHASISWA

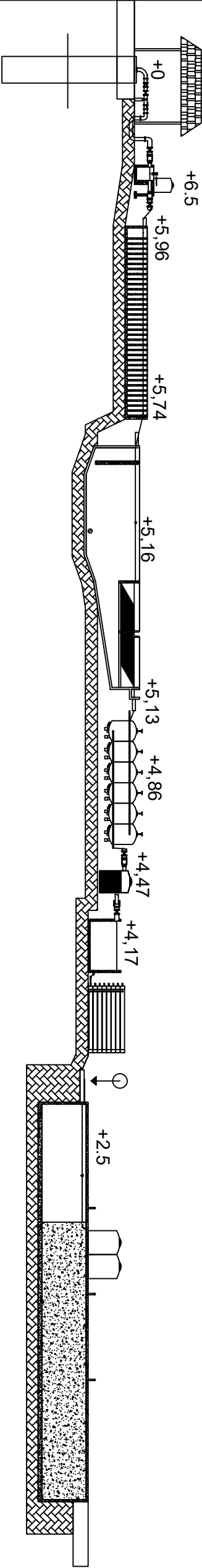
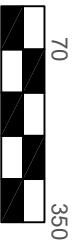
Nurul Latifa Hanna  
3312100011

NOMOR GAMBAR

4.10

SKALA HALAMAN


1 : 350



Elevasi


+0 +5.5 +3.5 +3.0 +2.5

PROFIL HIDROLIS

Position	Count	Description
	1	<p><b>Hydro MPC-E 3 CRE45-2</b></p>  <p>Product photo could vary from the actual product</p> <p>Product No.: <a href="#">96941378</a></p> <p>Pressure booster system supplied as compact assembly according to DIN standard 1988/T5.</p> <p>All pumps are speed-controlled.</p> <p>From 0.37 to 2.2 kW, the booster system is equipped with CR, CRE, CRI, CRIE pumps with electronically commutated permanent magnet motors with extremely high efficiency. The total efficiency of the motor including the frequency converter is better than the IE4 level in IEC60034-31, even though this standard only applies to the motor.</p> <p>From 3 to 22 kW, the booster system is equipped with CR, CRE, CRI, CRIE pumps with motors with integrated frequency control. The total efficiency of the motor including the frequency converter is better than the IE3 level in IEC60034-31, even though this standard only applies to the motor.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Hydro MPC-E maintains a constant pressure through continuous adjustment of the speed of the pumps.</li> <li>* The system performance is adapted to the demand through cutting in/out the required number of pumps and through parallel control of the pumps in operation.</li> <li>* Pump changeover is automatic and depends on load, time and fault.</li> </ul> <p>The system consists of these parts:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>: 3 vertical, multistage, centrifugal pumps, type CRE45-2</li> <li>Pump parts in contact with the pumped liquid are made of stainless steel EN DIN 1.4301</li> <li>Pump bases and heads are of either cast iron/stainless steel (CRI) or cast iron EN-GJS-500-7 (CR), depending on pump type; other vital parts are made of stainless steel EN DIN 1.4301</li> </ul> <p>The pumps are equipped with a service-friendly cartridge shaft seal, HQQE (SiC/SiC/EPDM)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Two stainless steel manifolds to EN DIN 1.4571</li> <li>* Stainless steel base frame to EN DIN 1.4301 up to CR 90; above CR 90 the pumps are placed on a galvanized I-Beam frame</li> <li>* One non-return valve (POM) and two isolating valves for each pump</li> <li>* Non-return valves are certified according to DVGW, isolating valves according to DIN and DVGW</li> <li>* Adapter with isolating valve for connection of diaphragm tank</li> <li>* Pressure gauge and pressure transmitter (analog output 4-20 mA)</li> <li>* Control MPC in a steel cabinet, IP54, including main switch, all required fuses, motor protection, switching equipment and microprocessor-controlled CU 352.</li> </ul> <p>Dry-running protection and diaphragm tank are available according to the list of accessories.</p> <p>Pump operation is controlled by Control MPC with the following functions:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Intelligent multi-pump controller, CU 352</li> <li>* Constant-pressure control through continuously variable adjustment of the speed of each individual pump</li> </ul>

Position	Count	Description
		<ul style="list-style-type: none"> <li>* PID controller with adjustable PI parameters (Kp + Ti)</li> <li>* Constant pressure at setpoint, independent of inlet pressure</li> <li>* On/off operation at low flow</li> <li>* Automatic cascade control of pumps for optimum efficiency</li> <li>* Selection of min. time between start/stop, automatic pump changeover and pump priority</li> <li>* Automatic pump test function to prevent idle pumps from seizing up</li> <li>* Possibility of standby pump allocation</li> <li>* Possibility of backup sensor (redundant primary sensor)</li> <li>* Manual operation</li> <li>* Possibility of external setpoint influence</li> <li>* Log function</li> <li>* Setpoint ramp</li> <li>* Possibility of digital remote-control functions:</li> <li>* system on/off</li> <li>* max., min. or user-defined duty</li> <li>* up to 6 alternative setpoints.</li> <li>* Digital inputs and outputs can be configured individually</li> <li>* Pump and system monitoring functions:</li> <li>* minimum and maximum limits of current value</li> <li>* inlet pressure</li> <li>* motor protection.</li> <li>* Sensors and cables monitored for malfunction</li> <li>* Alarm log with the previous 24 warnings/alarms</li> <li>* Display and indication functions:</li> <li>* color screen display</li> <li>* green indicator light for operating indications and red indicator light for fault indications</li> <li>* potential-free changeover contacts for operation and fault.</li> <li>* Grundfos bus communication.</li> </ul> <p>It is possible to add CIM communication modules for communicating with Scada/BMS.</p> <p>Pumps, piping, cabling complete as well as Control MPC are mounted on the base frame. The booster system has been preset and tested.</p> <p>Flow media: Drinking water  Allowed liquid temp.: 41 °F .. 140 °F  System pressure max.: 232 psi  Flow (Plant): 58.33 l/s  Flow without one stand-by pump acc. DIN 1988/T5: 38.89 l/s  Flow (Pump): 45 l/s  Head: 50.04 m  Mains supply: 380 - 415 V, 50 - 60 Hz, PE  Nom. current of plant: 84 A  Number of main pumps: 3  Nominal power: 20 HP  Starting main: electronically  Number of aux. pump(s): 0  Net weight: 1880 lb</p> <p>Maximum head: 75 m  Maximum flow: 58.33 l/s</p>



Position	Count	Description
	1	<p><b>SP 125-1-A</b></p>  <p>Product No.: <a href="#">17B035A1</a></p> <p>Multi-stage submersible pump for raw water supply, groundwater lowering and pressure boosting. The pump is suitable for pumping clean, thin, non-aggressive liquids without solid particles or fibers.</p> <p>The pump is made entirely of Stainless steel DIN W.-Nr. EN 1.4301 and suitable for horizontal and vertical installation. The pump is fitted with a built-in non-return valve.</p> <p>The motor is a 3-phase motor of the canned type with a sand shield, liquid-lubricated bearings and pressure-equalizing diaphragm.</p> <p><b>Liquid:</b></p> <p>Pumped liquid: Water</p> <p>Maximum liquid temperature: 104 °F</p> <p>Max liquid temperature at 0.15 m/sec: 104 °F</p> <p>Liquid temp: 68 °F</p> <p>Density: 62.29 lb/ft³</p> <p>Kinematic viscosity: 1 cSt</p> <p><b>Technical:</b></p> <p>Speed for pump data: 3450 rpm</p> <p>Actual calculated flow: 47.25 l/s</p> <p>Resulting head of the pump: 15.01 m</p> <p>Shaft seal for motor: CER/CARNBR</p> <p>Approvals on nameplate: CE, GOST2</p> <p>Curve tolerance: ISO9906:2012 3B</p> <p>Motor version: T40</p> <p><b>Materials:</b></p> <p>Pump: Stainless steel EN 1.4301 AISI 304</p> <p>Impeller: Stainless steel EN 1.4301 AISI 304</p> <p>Motor: Stainless steel DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304</p> <p><b>Installation:</b></p> <p>Pump outlet: RP6</p> <p>Motor diameter: 6 inch</p> <p><b>Electrical data:</b></p>



Company name:


Created by:

Phone:

Date:

6/20/2016

Position	Count	Description
		<p>Motor type: MS6000</p> <p>Rated power - P2: 14.75 HP</p> <p>Power (P2) required by pump: 15 HP</p> <p>Main frequency: 60 Hz</p> <p>Rated voltage: 3 x 440-460-480 V</p> <p>Service factor: 1.15</p> <p>Rated current: 25.0-24.4-24.0 A</p> <p>Starting current: 420-460-490 %</p> <p>Cos phi - power factor: 0.84-0.83-0.80</p> <p>Rated speed: 3450-3470-3480 rpm</p> <p>Start. method: direct-on-line</p> <p>Enclosure class (IEC 34-5): IP68</p> <p>Insulation class (IEC 85): F</p> <p>Built-in temperature transmitter: yes</p> <p><b>Others:</b></p> <p>Minimum efficiency index, MEI : -.--</p> <p>ErP status: EuP Standalone/Prod.</p> <p>Net weight: 180 lb</p> <p>Gross weight: 234 lb</p> <p>Shipping volume: 6.43 ft³</p>

Position	Count	Description																																										
	1	<div><div></div><div><p>Product photo could vary from the actual product</p><p>Product No.: <a href="#">98624260</a></p><p>Non-self-priming, single-stage, centrifugal pump designed for handling wastewater, process water and unscreened raw sewage.</p><p>The pump is designed for intermittent and continuous operations in submerged installation. The revolutionary S-tube® impeller provides free spherical passage of solids up to 1 15/16 in and is suitable for wastewater with a dry matter content of up to 3 %.</p><p>A unique stainless-steel clamp assembling system enables quick and easy disassembly of the pump from the motor unit for service and inspection. No special tools are required. Pipework connection is via a DIN flange.</p><p><b>Controls:</b></p><table><tr><td>Moisture sensor:</td><td>with moisture sensors</td></tr><tr><td>Water-in-oil sensor:</td><td>without water-in-oil sensor</td></tr></table><p><b>Liquid:</b></p><table><tr><td>Maximum liquid temperature:</td><td>104 °F</td></tr><tr><td>Density:</td><td>62.29 lb/ft³</td></tr></table><p><b>Technical:</b></p><table><tr><td>Type of impeller:</td><td>S-TUBE</td></tr><tr><td>Maximum particle size:</td><td>1 15/16 in</td></tr><tr><td>Primary shaft seal:</td><td>SIC/SIC</td></tr><tr><td>Secondary shaft seal:</td><td>CARBON/CERAMICS</td></tr><tr><td>Approvals on nameplate:</td><td>CE, EN12050-2</td></tr><tr><td>Curve tolerance:</td><td>ISO9906:2012 3B2</td></tr></table><p><b>Materials:</b></p><table><tr><td>Pump housing:</td><td>EN-GJL-250</td></tr><tr><td>Impeller:</td><td>EN-GJL-250</td></tr><tr><td>Motor:</td><td>EN-GJL-250</td></tr></table><p><b>Installation:</b></p><table><tr><td>Maximum ambient temperature:</td><td>104 °F</td></tr><tr><td>Flange standard:</td><td>DIN</td></tr><tr><td>Pump inlet:</td><td>65</td></tr><tr><td>Pump outlet:</td><td>80</td></tr><tr><td>Pressure stage:</td><td>PN 10</td></tr><tr><td>Maximum installation depth:</td><td>65.62 ft</td></tr><tr><td>Frame range:</td><td>C22</td></tr></table><p><b>Electrical data:</b></p><table><tr><td>Power input - P1:</td><td>4.9 kW</td></tr></table></div></div>	Moisture sensor:	with moisture sensors	Water-in-oil sensor:	without water-in-oil sensor	Maximum liquid temperature:	104 °F	Density:	62.29 lb/ft³	Type of impeller:	S-TUBE	Maximum particle size:	1 15/16 in	Primary shaft seal:	SIC/SIC	Secondary shaft seal:	CARBON/CERAMICS	Approvals on nameplate:	CE, EN12050-2	Curve tolerance:	ISO9906:2012 3B2	Pump housing:	EN-GJL-250	Impeller:	EN-GJL-250	Motor:	EN-GJL-250	Maximum ambient temperature:	104 °F	Flange standard:	DIN	Pump inlet:	65	Pump outlet:	80	Pressure stage:	PN 10	Maximum installation depth:	65.62 ft	Frame range:	C22	Power input - P1:	4.9 kW
Moisture sensor:	with moisture sensors																																											
Water-in-oil sensor:	without water-in-oil sensor																																											
Maximum liquid temperature:	104 °F																																											
Density:	62.29 lb/ft³																																											
Type of impeller:	S-TUBE																																											
Maximum particle size:	1 15/16 in																																											
Primary shaft seal:	SIC/SIC																																											
Secondary shaft seal:	CARBON/CERAMICS																																											
Approvals on nameplate:	CE, EN12050-2																																											
Curve tolerance:	ISO9906:2012 3B2																																											
Pump housing:	EN-GJL-250																																											
Impeller:	EN-GJL-250																																											
Motor:	EN-GJL-250																																											
Maximum ambient temperature:	104 °F																																											
Flange standard:	DIN																																											
Pump inlet:	65																																											
Pump outlet:	80																																											
Pressure stage:	PN 10																																											
Maximum installation depth:	65.62 ft																																											
Frame range:	C22																																											
Power input - P1:	4.9 kW																																											



Company name:

Created by:

Phone:

Date:

7/10/2016

Position	Count	Description
		<div>Rated power - P2: 5.5 HP</div> <div>Main frequency: 50 Hz</div> <div>Rated voltage: 3 x 380-415 V</div> <div>Voltage tolerance: +10/-10 %</div> <div>Max starts per. hour: 20</div> <div>Rated current: 8.4-7.9 A</div> <div>Starting current: 86 A</div> <div>Cos phi - power factor: 0.88</div> <div>Cos phi - p.f. at 3/4 load: 0.83</div> <div>Cos phi - p.f. at 1/2 load: 0.77</div> <div>Rated speed: 2930 rpm</div> <div>Motor efficiency at full load: 86.2 %</div> <div>Motor efficiency at 3/4 load: 85.3 %</div> <div>Motor efficiency at 1/2 load: 83.2 %</div> <div>Number of poles: 2</div> <div>Start. method: star/delta</div> <div>Enclosure class (IEC 34-5): IP68</div> <div>Insulation class (IEC 85): H</div> <div>Explosion proof: no</div> <div>Length of cable: 33 ft</div> <div>Cable type: LYNIFLEX</div> <div>Others:</div> <div>Net weight: 258 lb</div>

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dari pengerjaan Tugas Akhir ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil uji kualitas air baku di Pantai Kenjeran, Kota Surabaya didapatkan bahwa terdapat beberapa parameter pengujian yang tidak memenuhi standar baku kualitas air minum PERMENKES RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010. Parameter yang memenuhi adalah suhu  $31^{\circ}\text{C}$ , kadar kadmium 0,0014 ppm dan pH yaitu 7,78. Sedangkan parameter lain tidak memenuhi adalah kekeruhan sebesar 12 NTU, TDS sebesar 33960 ppm, salinitas 23,9 gram/L, TOC sebesar 0,387 ppm dan timbal sebesar 1,287 ppm. Sehingga diperlukan bangunan pengolahan untuk menurunkan kekeruhan, organik dan juga TDS yang masih tinggi.
2. Terdapat 3 alternatif yang dapat digunakan untuk pengolahan air laut, yaitu Multistage Flash Distillation (MSF), *Reverse Osmosis* (RO) dan Electrodionization (EDI). RO lebih ideal digunakan untuk Kota Surabaya karena lahan yang dibutuhkan tidak seluas MSF serta air konsentrasinya dapat dimanfaatkan sehingga layak secara finansial. Debit untuk MSF 6-8 kali air produksi sedangkan RO hanya 1,5 – 3 kali air produksi. Konsumsi energi dari RO juga lebih kecil dan mudah didapat karena RO menggunakan energi listrik sedangkan MSF sebagian besar menggunakan energi panas. Kualitas produksi RO tergantung pada kemampuan membran, namun tetap di bawah baku mutu. Sedangkan EDI, teknologi tersebut mampu mengolah dengan optimal ketika dikombinasikan dengan RO. Namun air konsentrasinya tidak dapat digunakan karena ion-ion logam tercampur menjadi satu termasuk logam berat. Sehingga tidak layak secara ekonomi saat diaplikasikan.

3. Perencanaan ini terdiri dari *intake*, bangunan koagulasi-flokulasi, sedimentasi, unit filter, karbon aktif, unit RO, klorinator dan reservoir dengan tangki mineralisasi. Harga membran dan kebutuhan listrik yang mahal dapat ditutupi dengan uang pemasukan dari produk sampingan RO. Produk yang dihasilkan adalah garam murni dan air nigari. Secara ekonomis perencanaan ini dikatakan layak karena memiliki nilai NPV bernilai positif sebesar Rp11.953.760.829 dengan IRR sebesar 28,81% yang lebih besar dari MARR Bank BNI yaitu 12,5% dengan periode pengembalian setelah 6 tahun proyek berjalan berdasarkan metode *payback period*.

## **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil dari pengerjaan Tugas Akhir ini, terdapat beberapa saran yang dapat mengoptimalkan hasil dari laporan ini:

1. Perlu pengkajian lebih lanjut mengenai unit yang lebih sederhana untuk menghilangkan logam berat dari air baku namun tetap mempertahankan ion logam yang bermanfaat bagi tubuh guna mempermudah proses konstruksi dan perawatan.
2. Perlu dilakukan uji kualitas air baku dengan parameter yang lebih banyak dan mendetail, agar proses perencanaan dapat lebih akurat.
3. Perlu dilakukan uji kandungan air nigari yang ideal untuk tubuh agar cocok untuk proses mineralisasi sehingga dapat mencapai nilai TDS dan mineral yang diharapkan dengan lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Karaghoul, Ali. 2012. "Economic and Technical Analysis of a Reverse-Osmosis Water Desalination Plant using DEEP-3.2 Software". **Journal of Environmental Science and Engineering**. Vol. A1.
- Ariyanti, D. dan Widiyasa, I. N. 2011. "Aplikasi Teknologi Reverse Osmosis untuk Pemurnian Air Skala Rumah Tangga". **TEKNIK**-Vol.32 No. Tahun 2011. ISSN 0852-1897.
- Badan Pusat Statistik. 2015. **Surabaya dalam Angka**. hal 274.
- Budianto, P.T.H., Wirosodarmo, R. dan Suharto, B. 2014. "Perbedaan Laju Infiltrasi pada Lahan Hutan Tanaman Industri Pinus, Jati dan Mahoni". **Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan**. Vol. 1 (2).
- Brian, P.H., Zanolaidou, R.,H., Zhang Li., Sims, K.J dan Siwak, L.R. 2005. "Electrodeionization in Power Plant Applications". **Annual Meeting International Water Conference Pittsburg**.Pittsburg.
- Chadarisman, A., Hartono R., dan Sarwono. 2012. "Studi Eksperimental Rancang Bangun Sistem Desalinasi Tenaga Surya Menggunakan Reflector untuk Produksi Brine pada 25°Be". **Jurusan Teknik Fisika**. FTI-ITS.
- Clark, R.M., E.J. Read ., and J.C. Hoff. 1989. "Analysis of Inactivation of Giardia Lamblia by Chlorine". **Journal Environmental Engineering**. Vol 115 (1).
- Craun, G.F. 1988. "Surface Water Supplies and Health". **Journal American Water Works Association**. Vol 80 (40-52).
- Darwish, M.A. 1987. "Critical Comparison between Energy Consumption in Large Capacity *Reverse Osmosis* (RO) and Multistage Flash (MSF) Seawater Desalting Plants". **Desalination**. Vol 63, 143-161.
- Eckenfelder, W. 2000. **Industrial Water Pollution Control**. Third edition, Mc Graw-Hill. Inc. New York.
- Edward, H.S., Pinem, J.A., Adha, M.H., 2009. "Kinerja Membran *Reverse Osmosis* Terhadap Rejeksi Sintetis". **Jurnal Sains dan Teknologi**. Vol 8 (1).
- Fedorenko, V.I. 2002. "Ultrapure Water Production By Continuous Electrodeionization Method: Technology and Economy". **Pharmaceutical Chemistry Journal**. Vol 38(1).

- Fitra, I.E., Juni. 2015. **PDAM Surabaya Keluhkan Air Baku, Tak Tahu Mengadu ke Mana**, <<http://surabaya.tribunnews.com/2015/06/03/pdam-surabaya-keluhkan-kualitas-air-baku-tak-tahu-mengadu-ke-mana?page=2>>.
- Fitriani, N. 2010. **Pengaruh Roughing Filter dan Slow Sand Filter dalam Pengolahan Air Minum dengan Air Baku dari Intake Karang Pilang terhadap Parameter Fisik**. Surabaya: Teknik Lingkungan ITS.
- Gleick, P.H., 2006. "The Biennial Report on Freshwater Resources". **The World's Water 2006–2007**. Island Press, Chicago. Vol 10 (3), 129.
- Hardiyatmo H.C. 2003. **Mekanika Tanah I**. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hoff, J.C., E.W. Akin. 1986. "Microbial Resistance to Disinfectant: Mechanisms and Significance". **Environmental Health Perspectives**. Vol 6: (7-13).
- Ibrahim, S.A. 1996. "A Comparative Study of RO and MSF Desalination Plants. **Desalination**. Vol 106, 99-106.
- Jakfar, Agustono dan Abdul, M., 2014. "Deteksi Logam Timbal (Pb) Pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Sepanjang Sungai Kalimas Surabaya". **Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan**. Vol. 6(1)
- Joko, T. 2010. **Unit Air Baku dalam Sistem Penyediaan Air Minum**. Graha Ilmu : Yogyakarta.
- Kawamura, Susumu.1991. **Integrated Design of Water Treatment Facilities**. John Wiley&Sons, Inc. New York
- Long, B. W., Hlsey, R.A, and Neeman, J.J. 2005. "Mixing it up: Integrated Disinfection Scenarios in Drinking Water Treatment." **Journal American Water Works Association**. Vol 97 (10).
- Mackey, E.D., Poroz, N., James, W., Seacord, Tom., Hunt, H., dan Mayer, D.L. 2011. **Assessing Seawater Intake System for Desalination Plants**. Washington DC: Water Research Foundation.
- Manadiyanto. 2011. **Pemanfaatan Limbah Pembuatan Garam Sebagai Upaya Peningkatan Pendapatan Petambak**



- Garam Di Pulau Madura.** Madura: Balai Besar Riset Sosial Finansial Kelautan dan Perikanan.
- Marlianti, W. 2008. **Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Minum Kota Garut.** Tugas Akhir. ITB
- Masduqi, A. dan Erna, A., 2008. "Estimation of Surabaya River Water Quality Using Kalman Filter Algorithm". **The Journal for Technology and Science**, Vol. 19 (3).
- Metcalf and Eddy. 2004. **Wastewater Engineering 4th edition.** New York: McGraw Hill International Editions.
- Mickley, M.C., 2004. "Review of Concentrate management options, ground water report 363". **Technical Papers, Case Studies and Desalination Technology Resources.** In: The Future of Desalination in Texas. Texas Water Development Board. Vol. 2
- Naitoh, S., and Fujita, K. 1985. **Jousuidou Kougaku Enshuu.** Tokyo: Gakkensha
- Nayono E., 2008. **Metode Pengolahan Air Limbah Alternatif Untuk Negara Berkembang.** UNY : Yogyakarta.
- Pasaribu, B.P. dan Bisman, N. 2011. **Air Laut Potensial Atasi Krisis Air Minum,** <  
<http://www.antaranews.com/berita/277013/air-laut-potensial-atasi-krisis-air-minum>>.
- Pujawan, I.N., 2009. **Finasial Teknik.** Surabaya : Guna Widya.
- Purbani, D. 2002. "Proses Pembentukan Kristalisasi Garam". **Pusat Riset wilayah Laut dan Sumberdaya Nonhayati Badan Riset Kelautan dan Perikanan.** Departemen Kelautan dan Perikanan.
- Qasim, S. 2000. **Water Works Engineering Planning, Design, and Operation.** Texas : Chiang, Patel & Yerby Inc
- Reverberi, F., Gorenflo, A. 2007. "Three year operational experience of a spiral-wound SWRO system with a high fouling potential feed water". **Desalination** Vol 203 (1-3), 100–106.
- Reynolds, T.D., Richards, P.A. 1996. **Unit Operations and Processes in Environmental Engineering.** Boston: PWS Publishing Company.
- Riski, P., Juli. 2015. **Pemkot Surabaya Minta Kementerian PU Bangun Pintu Air untuk Atasi Krisis Air Minum,** <  
<http://www.voaindonesia.com/content/pemkot-surabaya->

minta-kementerian-pu-bangun-pintu-air-untuk-atasi-krisis-air-minum/2860933.html>.

- Said, N.I. 2010. **Pengolahan Payau Menjadi Air Minum dengan Teknologi Reverse Osmosis**. Jakarta.
- Said, N.I. 2003. "Aplikasi Teknologi Osmosis Balik untuk Memenuhi Kebutuhan Air Minum di Kawasan Pesisir atau Pulau Terpencil". **Kelompok Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair**. BPPT.
- Said, N.I. 2007. "Disinfeksi untuk Proses Pengolahan Air Minum". **Jurnal Akuakultur Indonesia**. Vol. 3 (1).
- Said, N.I. 2005. "Aplikasi Teknologi Pengolahan Air Sederhana untuk Masyarakat Pedesaan". **Jurnal Akuakultur Indonesia**. Vol. 1 (2).
- Salanto, P. 2014. "Surabaya Property Market Report". **Research&Forecast Report**, 2H 2014. Hal. 9-11.
- Strathmann H. 2004. **Ion-exchange Membrane Separation Process**. Amsterdam: Elsevier B.V.
- Stuyfzand, P.J. 1989. "A new hydrochemical classification of water types". **Proceeding of the Baltimore Symposiom**. Baltimore. U.S.A. Mei. Hal 33-42.
- Sembiring N. 2011. "Pemanfaatan dan Usaha sari Air Laut Berbasis Masyarakat". **Seminar Melalui Teknologi Tepat Guna Kita Tingkatkan Produksi dan kualitas Pergaraman Rakyat**. Kementrian Kelautan dan Perikanan. Jakarta.
- The Dow Chemical Company. 2011. **FILMTEC™ Reverse Osmosis Membranes Technical Manual**. <<http://www.filmtec.com>>.
- U.S. EPA. 1989. "Drinking Water Health Effects Task Force". **Health Effects of Water Treatment Technologies**. Chealsea: Lewis Publication.
- Utomo, S., Tri M.W., Albert., S. 2012. "Desain Saringan Pasir Lambat Pada Instalasi Pengolahan Air Bersih (IPAB) Kolhua Kota Kupang". **Jurnal Teknik Sipil**. Vol 1 (4).
- Wenten, I.G., Khoiruddin., Arfianto, F., dan Zudiharto. 2013. "Bench scale electrodeionization for high pressure boiler feed water". **Desalination**. Vol 314.
- White, Frank. M. 1986. **Mekanika Fluida**. Jakarta: Erlangga.

- William, M.E. 2003. A Brief Review of Reverse Osmosis Membrane Technology. **EET Corporation and Williams Engineering Services Company.**
- Wolfe, R.L., N.R. Ward, dan B.H Olson. 1984. "Inorganic Chloroamines as Drinking Water Disinfectants". **Journal of the American Water Works Association.** Vol 76 (5).
- Wood J., Gifford J., Arba J. dan Shaw M. 2010. "Production of Ultrapure Water by Continuous Electrodeionization". **Desalination.** Vol 250 (3).

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Kabupaten Gresik pada tanggal 28 April 1994. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Menempuh pendidikan dasar pada tahun 2000-2006 di SD Nahdlatul Ulama 1 Tratee Gresik. Kemudian melanjutkan ke SMPN 1 Gresik pada tahun 2006-2009. Sedangkan pendidikan tingkat atas dilalui di SMAN 1 Gresik pada tahun 2009-2012. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut

Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 3312 100 011.

Penulis aktif mengikuti organisasi maupun kepanitian skala himpunan, fakultas maupun institut. Pada tahun 2013-2014 penulis menjadi wakil ketua Kampung Binaan yang diadakan oleh Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL). Pada tahun 2014-2015 penulis menjadi Kepala Bidang Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa tingkat jurusan. Pada tahun yang sama, penulis juga menjadi konseptor acara konferensi mahasiswa sains dan engineer tingkat ASEAN, yaitu acara Young Engineers and Scientists Summit 2015 yang diadakan oleh BEM ITS. Selain itu, penulis juga tergabung dalam Tim Pemandu untuk mengisi Latihan Keterampilan dan Manajemen Mahasiswa (LKMM) di ITS.

Pada tahun 2015, penulis melaksanakan Kerja Praktek di Satker Pengembangan Air Minum dan Sanitasi Provinsi Jawa Timur. Penulis dapat dihubungi via email pada [nurullatifahanna@gmail.com](mailto:nurullatifahanna@gmail.com).